A kibernetika érdekes kérdései

VIKTOR PEKELISZ

GONDOLAT

VIKTOR PEKELISZ

A kibernetika érdekes kérdései

Gondolat Könyvkiadó Budapest
Mir Könyvkiadó Moszkva
1976

A könyv eredeti címe:

Viktor Pekelisz

Kiberneticseszkája szmesz

Znanyie Moszkva 1970

A fordítás az 1973-ban megjelent második kiadás alapján készült

Fordította:

Pap Géza

A fordítást az eredeti orosz nyelvű szöveggel összevetette:

Ferencz Csaba

Szakmailag ellenőrizte:

Könyves Tóth Pál

ETO

ISBN 1963 230 322 1

© 1976 Gondolat Könyvkiadó Budapest, Mir Könyvkiadó Moszkva

TARTALOM

ELŐSZÓ A MAGYAR KIADÁSHOZ 7

I. fejezet 9

A KIBERNETIKA SZÜLETÉSE 9

Miért 1843, *s nem pedig* 1834? 9
Az ősökről és előfutárokról 10
Negyed század múltán 17
Nem egyszerre, nem egy csapásra 19
A dolog lényege és csak a lényege 24
A kiállításokat járva 30
Gépek, sebességek s a jövő 33
Az automaták automatizálása 42
SZK 47
Rajta, számoljunk! 50
A tudomány bulldózerei 54
Utolsó epizód a robotok életéből 57

II. fejezet 64

A SOKOLDALÚ SZÁMÍTÓGÉP 64

A gépek a sakktáblánál 64
Az oktató gép 71
Alkalmazható-e a kibernetika a sportban? 75
Mire képes az ember és a gép? 80
Gépet szülő gépek 81
A gépnél gyorsabban 85
A gépek „tévedései" 87
Figyelem, H-GY-T tilos! 90
Tarka feljegyzések 92

III. fejezet 101

A GÉP BESZÉL, RAJZOL ÉS ZENÉT SZEREZ 101

Ember — gép párbeszéd 101
A gépi nyelv 106
Regény egy urnából 113
A Charlie nevű ló 116
Gépi írásművek gyűjteménye 118
Az elektronikus grafikáról és festészetről 124
Egy misztifikáció története 129
Az algebra egyszerűsít 133

IV. fejezet 138

A KIBERNETIKA ÉS A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK 138

Különböző szempontokból nézve... 138
A legősibb tudomány 143
A méhek, a hangyák és a kibernetika 152
Kiegészítés egy életrajzhoz 154
Kellenek-e a formulák a lomboknak és a Földnek? 157
A telepátiával való személyes ismerkedés néhány epizódja 162
Epektronikus parancsra, akaratom szerint 173
Az öregkor és a kibernetika — Fauszt és Mefisztó? 179
Csakugyan kiborg? 192

V. fejezet 199

A KIBERNETIKA ÉS A HUMÁN TUDOMÁNYOK 199

A múlt a gépek bírósága előtt 199
„Tégy igazságot, gép!“ 203
Bűn és bűnhődés 207
Az emberi elbíráláshra bízva 218
Kiöli-e majd a kibernetika a feltalálói leleményességet? 225
Oly könnyű lenyomni a gombokat...? 230
Alkotás, lélek, heurisztika 235
Ember és Isten 242
A háború és a kibernetika 245
Wiener és az America 247
Információrobbanás 251
Az emberek és az előrelátás 259

ELŐSZÓ A MAGYAR KIADÁSHOZ

Nagyon örülök, hogy *A kibernetika érdekes kérdései* magyar nyelven napvilágot lát. Ez már a harmadik, kibernetikával kapcsolatos munkám, amelyet Magyarországon lefordítottak és kiadnak.

A kibernetika érdekes kérdései lényegileg különbözik az e témában írt többi munkámtól. Korábban egy ilyen műfajú könyv bizonyára nem ért volna el sikert: a kibernetikai téma felfogására az átlagolvasót még nem készítették fel. Ma azonban, amikor az olvasó kibernetikai előkészítését már fontosnak tartják (a kibernetika életünkben való meghonosodása miatt), bárki kezébe veheti e könyvet. Az *Európa Kiadó* nyilvánvalóan ezért csatolta e könyv egyik novelláját *A város a hegyekbe megy* című szovjet karcolatgyűjteményhez. E novella (*A géppel emberi nyelven*) megmutatja, hogy *A kibernetika érdekes kérdései* nem a szakembereknek készült, hanem mindenkinek szól, sőt, olvasókönyvnek készült. A kedves olvasó ezért talál benne olyan, egyáltalán nem tudományos műfajokat, mint elbeszélést, szórakoztató történetet, novellát, sőt még anekdotát is.

Meggyőződésem azonban, hogy mindez nem zavar a könyv elolvasását követően abban, hogy maga a kibernetika — mint tudomány — iránt kellő tisztelettel viseltessünk. Úgy gondolom, hogy a tárggyal való közvetlen ismerkedés csak közelebb visz hozzá, s felkelti az érdeklődést a mélyebb tanulmányozás és a tudomány sorsával összefüggő elmélkedések iránt.

Moszkva, 1974. szeptember 20.

Viktor Pekelisz

I. fejezet

A KIBERNETIKA SZÜLEIÉSE

Miért 1843, s nem pedig 1834?

A kibernetika elnevezés nem új. A görög *irányító*, *kormányozó* szóból ered. Már az ógörög filozófusok munkáiban előfordul, egyebek közt *Platón Dialógusaiban.* Itt a hajóirányítás és a város-államok adminisztratív irányításának megjelölésére szolgált.

A híres francia tudós, *André Marie Ampère A tudományok filozófiai elemei* című könyvében, a tudományok általa felállított rendszerében a kibernetikát a *Politika* című részben helyezte el. Ilyen értelmezésben került be e szó a 19. század híres szótáraiba. *Ampère* a politikát elsőrendű tudománynak tartotta, a létezés tudományát (syncimenique) és lényegében a politikát (politique proprement dite) a másod- és harmadrendű tudományokhoz sorolta.

A kibernetika — cybernotiquo — , az irányítás tudománya *Ampère* szerint egyenrangú volt az *etnodícióval* (a népek jogairól szóló tudománnyal), a diplomáciával és a *hatalom elméletével.*

Melyik évben használta *Ampère* először e meghatározást?

A *Szovjet Tudományos Akadémiai Kiadó* 1961-ben kiadott *Automatikus irányítás* című könyve szerint (12. oldal) 1843-ban. A *Goszenergoizdat* 1961. évi *Kibernetikát a kommunizmus szolgálatába*l című gyűjteményes kötetében (36. oldal) ugyanez a dátum áll. Ugyanezt az évet jelöli meg *I. Novik* a *Goszpolitizdat Kiadónál* 1963-ban megjelent *A kibernetika*; *Filozófiai és szociológiai problémák* című munkája is. *L. Tyeplov* szerint (*Kibernetikai vázlatok*; *Moszkovszkij rabocsij*; 1959. és 1963. évi kiadások) 1840-ben írt erről *Ampère.* 1963-ban *A. Kondratov* —

egy gyermekeknek szóló kis könyvében — a *Szám és gondolatban* (*Gyetgiz*, 1963, 5. oldal) azt állítja, hogy *Ampère* a kibernetika szót 1828-ban használta elősziir.

Ampère (1775—1836) *Essais sur la philosophie des sciences* című műve Párizsban a *Bachelier* jelent meg 1834-ben. A kibernetika szót egyszer említi benne, a könyv végén egy táblázatban.

Gyötört a kiváncsiság, honnan adódnak a hibák?

Az említett kiadásokban a szerzők *N. Wiener Kibernetika* című könyvét (*Szovjetszkoje rádió*, Moszkva, 1958.) használták fel forrásul. Ott a fordítás szerzője megjegyzésében (24. oldal) mutat rá, hogy *Ampère* a kibernetikát 1834-ben nevezte meg. Ugyanitt azonban látható *Ampère* könyvének címe franciául is, amely 1843-ban jelent meg. A kibernetika szót a 4. fejezet, IV. paragrafus említi a 140—142. oldalakon.

Lehet, hogy a dátumra — az 1834-es évre — nem fordítottak figyelmet, miután itt franciául jelölték meg az eredeti forrásmunkát.

Az ősökről és előfutárokról

„... *Francis Bennet*, a mai nap számláit akarván ellenőrizni, a dolgozószobájába ment. Hihetetlenül nagy munka, ha olyan vállalatról van szó, amelynek napi költségei 80 ezer dollárt tesznek ki! Szerencsére a korszerű technikai eredmények rendkívül leegyszerűsítették e számításokat. Egy elektromos számítópianínó segítségével *Francis Bennet* igen gyorsan megbirkózott feladatával."

Lehet, hogy miután elolvasták ezt a részletet *Jules Verne* 29. században játszódó írásából — egy amerikai újságíró egyetlen napjáról 2889-ben — , felkiáltanak: Íme, itt jósolták meg első ízben az elektronikus számítógépet!

Bizonyára ez így is van. Lehet, hogy a nagy fantaszta jövendölte meg ezt a számításokra alkalmas gépet, amelyhez ma úgy ülnek oda, mint ahogy az ő hőse is odaült egy pianínóhoz. Né-

zetem szerint azonban nem az ilyen és más technikai csoda megjövendölése méltó a nagyobb csodálatra, hanem az olyan gépek tervezése és megalkotása, amelyekben a jövő gépeinek elveit rakják le.

Ezért kell elsősorban megemlítenünk *Charles Babbage* angol matematikust, aki zseniális előrelátással dolgozta ki a számítógépek felépítésének alapelveit. Továbbá a nagy német tudóst, *Leibnizet* is, majd egy kiváló orosz matematikust, *Csebisevet*, s a tehetséges pétervári mérnököt, *Odnert*, és ... és még sokakat, akik a sokoldalú számítógépek megteremtői közé sorolhatók a gépek 300 éves történetében.

Semmiképpen sem törekedve a 300 éves történelem korrekciójára, szeretnék néhány érdekes adalékot felidézni a távolabbi múltból.

A zsarnoki szeretet és ... a számítógép

1963. április 3-án az egyik párizsi színház zsúfolásig megtelt. A színházban *Scudéry Zsarnoki szeretet* című tragikomédiáját játszották.

Richelieu bíboros, aki *XIII. Lajos* király idejében Franciaország tényleges kormányzója volt, elhatározta, hogy szórakozni fog. Azon elképzelése támadt, hogy egy — főként fiatal lányokból összeválogatott — amatőr csoport játékát nézi meg.

Az előadás sikeres volt, különösen a fiatal *Jacqueline* csillogott ezen a napon. Varázsával és szépségével mindenkit elbájolt, színpadi képességei pedig éppenséggel viharos elismerést váltottak ki az udvari nézők, s maga a bíboros előtt is. Az előadás után *Richelieu* a kulisszák mögé ment, hogy lelkesedését a színésznőnek kifejezze. *Jacqueline*, tekintetét a bíboros előtt lesütve, váratlanul így szólt:

— Ne csodálkozzék, kiválóságod, *Armand*, hogy ily rosszul elégítettem ki az Ön hallását és látását. Lelkem kínzó nyugtalanságban él. Hogy alkalmassá tegyen az Ön tetszésére, hozza vissza a szaműzetésből szerencsétlen apámat, mentse meg az

ártatlant! Ezzel Ön a lelkem és testem, a hangom és mozdulataim szabadságát hozza vissza.

Richelieu bíboros csodálkozva, megbabonázottan lépet ta lányhoz, s beleegyezését sem várva, többször megcsókolta.

— Gyermekem, mindent megteszek, amit kívánsz.

Ez az eset, bármennyire is különös, szolgált indítékul ahhoz, hogy három év múltán a világon az első matematikai gépezetet feltalálják.

A helyzet az, hogy *Jacqueline* a későbbi híres tudós, *Blaise Pascal* húga volt.

Pascal apjának, *Étienne Pascalnak* volt némi vagyona. A leírt esemény előtt egy esztendővel a francia kormány miatt elégedetlenkedők egyik csoportjának lett a vezetője.

Richelieu, aki nem tűrte sem az ellenvetést, sem a legkisebb ellentmondást, kiadta a parancsot *Pascal* letartóztatására. Ő, miután barátja jó időben figyelmeztette, megszökött, s így megmenekült a Bastille kínzókamráitól.

A száműzetésből röviddel azután az előadá után tért vissza, amely *Richelieu -nek* úgy megtetszett. A bíboros kegyesen bánt a szökevénnyel. s jövedelmező hadbiztosi állásba nevezte ki, Rouenba.

Pascalnak főleg adóbehajtással kellett foglalkoznia. A számítási munkák igen nagy elfoglaltságot jelentettek. Éjjelente a már nem fiatal *Étienne Pascal* a számítások nagy tömegével győzködött. Apja munkáját akarván megkönnyíteni, az ifjú *Blaise Pascal* behatóan foglalkozott egy számösszegző alkalmatosság kidolgozásával. A munka nem bizonyult könnyűnek, de sikerrel ért véget. A számológép hamarosan elkészült.

A feltalálónak még három évig kellett munkálkodnia, s kipróbálni a sok változatot, mielőtt a végleges modellt megalkotta. *Pascal* lényegében egy óraszerkezetet alakított át számológéppé: a mozdulatlan számlap mozgóvá, a mutató pedig mozgóból mozdulatlanná lett. Ez lehetővé tette a forgó számlap különböző helyzeteinek beállítását és rögzítését. A számlap számolókoronggá, majd számolókorékké alakult át.

Mint fél évszázaddal ezelőtt egy francia folyóirat közölte: *Pascal* gépének több mint ötven példánya létezik... E gépek eltérnek egymástól mind az anyag, mind a forma, mind pedig az általuk végzett mozgás tekintetében...

Hogy ez így volt, tanúskodnak a mai napig fennmaradt példányok. Egyikük szerkezetének belső oldalán — ezt a modellt a párizsi Művészeti és Ipari Múzeumban állították ki — latin nyelvű felirat található, amit a párizsi Tudományos Akadémiának címeztek, de feltüntették a feltaláló nevét, s az elkészítés dátumát is.

A legrégibb példány is fennmaradt, amelyet tervezője *Seguir* kancellár rendelkezésére bocsátott.

Pascal találmánya óriási jelentőségű. Az ismert matematikus, *Binet*, aki látta az első számológépet, s részletesen tanulmányozta, azt mondta: *Pascal* elgondolása, különösen korára nézve, szokatlanul bátornak nevezhető, mivel a gondolkodás és emlékezés folyamatainak tisztán mechanikai eszközökkel való közvetlen helyettesítését tűzte ki célul.

Pascal gépe óriási hatással volt a kortársakra. Legendák jártak, s versek keletkeztek róla. Az egész előkelő társaság összejött a Luxembourg-palotában, hogy a csodálatos találmányt megtekintse.

Alkotója akkorra már híressé vált. Neve Franciaország határain túl is ismertté lett. Még a tudományok pártolója, *Krisztina*, az excentrikus svéd királynő is érdeklődött iránta. Régóta figyelte őt az ismert filozófus, *Descartes* is.

Pascal neve mellett mind gyakrabban és gyakrabban jelenik meg a kétszavas jellemzés: a *francia Arkhimédész*. *Pascal* filozófus és matematikus is, fizikus és feltaláló is volt.

Pascal mint filozófus, sokat foglalkozott a számológép működésének mélyebb értelmezésével. — A számológép olyan műveleteket végez, amelyek jobban megközelítik a gondolkodást, mint mindaz, amit az állatok tesznek — jelentette ki.

Miután nemcsak a fizikai, de a szellemi munka mechanikus eszközökkel való helyettesítésének lehetőségét is bebizonyította,

következtetéseiben továbbhaladt. E találmány erősítette meg *Pascalban* azt a gondolatot — amit számára, ha tévesen is, a kor számára haladó descartes-i filozófiai tanítás sugallt — , hogy az emberi ész automatikusan működik, valamint azt, hogy egyes bonyolultabb szellemi folyamatok nem térnek el a mechanikaiaktól.

Természetesen az ismeretek akkori szintje még nem tette lehetővé *Pascal* számára a helyes következtetések levonását. Itéljék meg azonban, milyen bátrak voltak az általa megfogalmazott gondolatok a vallás osztatlan uralmának korszakában, azokban az időkben, amikor minden, ami az ember úgynevezett szellemi tevékenységének a köréhez tartozott, a Mindenható oszthatatlan uralmának volt tulajdonítható.

Az ősökről

1900-ban történt. A szivacshalászok — tengeri vihar miatt — kénytelenek voltak hajójukat a Pelloponnészosz szigetektől az Antikirosz szigetek felé irányitani. Amikor a vihar elcsendesült, folytatták munkájukat, és egy váratlan leletre bukkantak: 60 méter mélységben egy ókori hajó roncsai hevertek, s benne tökéletesen megmaradt márványszobrok és bronztárgyak. A szakemberek 2000 évre becsülték korukat.

A legérdekesebb dolog ezután derült ki. Egy alkalommal a leleteket nézegetve, a görögországi Nemzeti Múzeum egyik munkatársa, *Valeriosz Sztaisz*, a bronzdarabok között ismeretlen szerkezet részeit látta meg. A legnagyobb óvatossággal rétegről rétegre szedték le róla az egész lerakódást. Egy szerkezet tárult fel előttük. Mire szolgált ez a maga korában?

Eleinte azt gondolták, hogy hajózószerkezet. Aztán azt tételezték fel, hogy a lelet egy miniatűr planetárium, egyike azoknak, amelyeket *Archimédész* készített.

A szakemberek fél évszázadon keresztül tanulmányozták a leletet. Az amerikai *Derek de Solla Preis* rekonstruálta a szerkezetet, amely sajátos matematikai számolószerkezetnek bizo-

nyult, és körülbelül időszámításunk előtt 82-ben készítették.

Számológép, amely 20 évszázaddal ezelőtt készült? Valamennyi számítógép őse?

A számítógépek történetét általában mindenki *Blaise Pascal* aritmetikai gépével kezdi. Büszkén írt erről 1751-ben *Diderot* is az *Enciklopédiában*. Ebből maradt ránk a gép első leírása.

A közelmúltban *dr. Franz Hammer*, *Kepler* hagyatékának kiadója, a tudós régi kéziratai között egy levelet és egy tollrajzot talált. A tübingeni egyetem matematika- és asztronómiaprofesszora, a Stuttgart közelében élő *Wilhelm Schickerd* írja barátjának, *Keplernek*, hogy az általa korábban megépített gép mintájára egy másik gépet épített *Kepler* számára, de az még elkészülése előtt elégett.

Első számológépének készítéséről *Schickerd* 1626. október 20-i levelében (*Blaise Pascal* születésének évében) értesítette *Keplert*. *Schickerd* azt írta, hogy a gép a számokat automatikusan összeadja, kivonja, szorozza és osztja.

A gép bizonyára kalkulációs rendszerű volt, mivel az összes aritmetikai műveletet elvégezte, míg *Pascal* gépe csupán kettőt.

Az első számológépekből sok épült. Bronzból, rézből, elefántcsontból, drága fajtájú fából készítették őket. Néha még faládákban és makarónisiádákban is voltak. A gépet el is nevezték *makarónibox-modellnek*.

Hangzatos neveket adtak a számológépeknek, így: *Önálló*, *Phoenix*, *Soley*, *Parmélé*, *Summa*, *Milliomos* stb.

E szép nevű teremtmények helyébe azonban jöttek a tökéletesebbek, bár azokat már unalmasan és jellegtelenül nevezték, például *Modell N°* ...

Az első számológépeket órások, lémöntők, matematikusok és csillagászok építették, de előfordulnak a szerkezetek építői között papok, grófok és lordok is.

A híres német matematikus névrokona, *Kummer*, a péterváli Tudományos Akadémiának ajánlotta fel találmányát, melyre 1847-ben szabadalmat kapott. A matematikus *M. V. Osztrogradszkij* akadémikus így írt róla: „E gép elsősorban összeadásra

és kivonásra alkalmas, e műveletek végzésére bármilyen mennyiségben, bármilyen sorrendben használható, és egyszerűbben végzi el azokat, mint bármilyen más ilyenfajta szerkezet."

Eltelt száz év. Dnyepropetrovszkban 1949-ben a *Muzremont* szövetkezet kibocsátotta a *Progress* nevű számítógépet. Egy bizottság, amelynek egy professzor és egy docens is tagja volt, így értékelte az új gyártmányt:

1. Üdvözölni kell a *Muzremont* szövetkezet kezdeményezését, hogy vállalkozott a *Progress* elnevezésű számítógép kibocsátására.
2. A gép hasznos lehet tervezők, tudományos munkatársak, főiskolai hallgatók s számviteli dolgozók számára, mivel nagyon megkönnyíti a számviteli munkát, és eredményként az összeg, a különbség, a szorzat és a hányados pontos értékét adja meg.

Ennek az esetnek anekdotikus volta abban van, hogy a *Progress* nevű gép elvileg semmiben sem tért el *Kummer* számológépétől.

1832-ben Péterváron feltűnt egy ismeretlen kollégiumi tanácsos, *Szemjon Korszakov*. A Tudományos Akadémiára ő hozta az intellektuális gépek legérdekesebb tervét, amelyeket *homeoszkópoknak* vagy *idoszkópoknak* nevezett el. A feltaláló úgy vélte, hogy segítségükkel gépesíteni lehet a tények sorrendjéből eredő logikai következtetések emlékezetben tartását.

Módszerét felhasználva *Korszakov* azt állította, hogy egyetlen pillanatban a részletek ezreit lehet megragadni. Véleménye szerint hasonló szerkezetek alkalmazhatók a gyógyászatban, hogy a gyógyszereket a betegség szimptómái alapján állítsák össze, vagy a botanikában és a zoológiában osztályozási feladatok megoldására.

E berendezéseket az Oroszországi Tudományos Akadémia kiselejtezte. Az akadémikusok rájöttek, hogy *Korszakov* úr túl sokat gondolkozott azon, hogy másokat a gondolkodás mellőzésére megtanítson.

Negyed század múltán

Az elmúlt negyed századot három nagy felfedezés fémjelzi: az atomenergia felszabadítása, a világűr meghódítása és a kibernetika megszületése. De míg az előbbi két felfedezés zajosan és azonnal hírt adott magáról, addig a kibernetikát alig vettük észre. Később viszont minden megváltozott. Az első években csupán szakmunkák jelentek meg; a kibernetika első évtizede csak egy-két monográfiát és néhány ismeretterjesztő könyvet tudott produkálni. A 25 éves jubileumára azonban már a legsokarcúbb és a legkülönbözőbb könyvek tarka kíséretében jelentkezett. A legkülönbözőbbekkel, nemcsak műfaji, de jellegi szempontból is. Felölelnek mindent: *A gép gondolkodik helyettünk* témától kezdve *A gép értünk gondolkodik* témáig.

És e könyveket sokan olvassák. Olvassák azért, mert — mint ismeretes — a kibernetika kibontakozásának korszakában élünk. A kibernetikai irodalom iránti érdeklődést mindenekelőtt az váltotta ki, hogy az az igen bonyolult rendszerek: a gépek, az agy, a társadalom megértését igyekszik elősegíteni. Az emberek választ akarnak kapni arra, hogyan lehetséges, hogy az anyag és a gép elkezdett „gondolkodni".

Elmúlt az az idő, amikor a kibernetika néhányak számára mindent, a többségnek pedig mit sem jelentett. Az emberek gondolatait ma az új tudomány lehetőségének a korlátai foglalkoztatják. E lehetőségek megmutatása a kibernetikáról szóló könyv szerzője számára nagyon fontos feladat, nemcsak gyakorlati, hanem széles körű — a gyakorlattól a fantasztikumig terjedő — értelmezésben. Az emberek nem azért érdeklődnek a kibernetika iránt, hogy otthon számítógépet állítsanak össze, gépi nyelven érintkezzenek a családdal, és kapcsolataikat a formális logika örvényei szerint alakítsák ki, hanem tudni akarják, mit is várhatnak tőle az élet valamennyi területén. Nem mindenki szánja rá magát azonban arra, hogy egy komolyabb, akár csak egy tudományos-ismeretterjesztő könyvet is a kezébe vegyen.

Ezért is határoztam el, hogy megírom *A kibernetika érdekes kérdéseit*! Mindent előveszek és mindent felhasználok nyersanyagként: komoly tanulmányokat és anekdotákat; esetleg matematikai feladatokat is; különleges tényeket és filozófiai általánosításokat; sőt még novellákat is. De szigorú válogatásra van szükség ahhoz, hogy ennek a válogatásnak az olvasója ne csupán magát a könyvet lássa, hanem érezze is annak filozófiai irányultságát, s megismerje a tudomány aktuális problémáit.

A tudományos igazságok nem a felszínen hevernek. Nemcsak szokatlanok, de látszólag mindig ellentmondók, természetesen csak ha a mindennapi tapasztalat alapján ítéljük meg őket. Az pedig — ahogy *Marx* mondta — a dolgok csalóka látszatát ragadja meg.

Ahhoz, hogy a dolgok csalóka látszatától eltérjünk, a paradoxban a szokásokat meglássuk, s a kibernetika filozofikus felsőbbrendűségét (mondjuk még másképpen: filozofikus kapacitását) észrevegyük, nagyban segít a távlatinak meglepő megközelítése, az eszmék és fogalmak ütközése, amit e könyv műfaja megenged.

Az ilyen műfaj utat nyit minden érdekes, lényegi, s vonzó dolog felé. Lehetővé teszi a gépi nyelvezetről a bionikára, a sakkról a kriminalisztikára, a költészetről a történelemre, a modellezésről az oktatásra való könnyű és természetes áttérést.

A témák, események, tények és paradoxonok nyugtalanító kaleidoszkópja a maga változatosságával és sokszínűségével mosolyt kelthet, de nem vet árnyat az igazi tudományra. Egy hasonló könyvben a legkisebb tiszteletlenséget sem lehet megengedni a tudománnyal szemben, hiszen a könyvbeli társalgás tárgya, s a könyv lírai hőse maga a tudomány.

Nem egyszerre, nem egy csapásra

Wiener ... Kibernetika... 1948... — E szavak most sajátos módon kibernetikai szinonimák. *Wienert* joggal nevezik a kibernetika atyjának. *Kibernetika* című könyve 1948-ban jelent meg. Sokakat a következtetések váratlanságával döbbentett meg, s elképesztő hatással volt a közvéleményre is. Megjelenését egy apránként előkészített robbantáshoz lehet hasonlítani.

Eltelt egy negyed század. Most, amikor a szenvedélyek elültek, amikor a kibernetikát józanul elfogadják, a *balos* és a *jobboldali* elhajlások nélkül, felhagytak azzal is, hogy minden halálos bűnért okolják, s keletkezésének történetében tisztábban megkülönböztethető az, amit a polémiák viharában korábban nem vettek észre.

„Ha messzebbre láttam, mint mások, az azért volt lehetséges, mert óriások vállán ültem!" — írta *Newton*. Az ő szavait idézi *Wiener*, feltéve persze, hogy azokat a maga érdekében tudja majd felhasználni.

A kibernetika történetében, mint bármely más tudományban, két korszak létezik: az anyaggyűjtés és annak új tudománnyá formálása. Más szóval, a kibernetikai robbantást, amit *Wiener* vitt véghez, az ismeretek gyűjtésének folyamata előzte meg, s a robbanás egy új minőség kialakulására vezetett.

Huygens, aki megalkotta az ingaórát, az irányított és az irányító eszköz közötti kapcsolat új formáját vezette be a technikába. Igaz, ennek a kapcsolatnak csak két és fél évszázad múltán adta *E. Rumer* a *visszacsatolás* nevet. A visszacsatolás az automatikus rendszerek alapjává vált.

Ugyanakkor — a 17. században — keletkezett a *valószínűségelmélet*. Szerepe a kibernetika matematikai eszköztárában felbecsülhetetlen jelentőségű.

Fokozatosan gazdagodott az automaták létrehozásának gyakorlata is. Már a 18. században ismertté váltak az automata szövőszékek, sőt a jacquard-gépek lyukkártyán rögzített program szerint működtek. Voltak már önműködő írószerkezetek és sok-

oldalú szabályozók. Legfontosabb közöttük *Watt* regulátora, amely az automatikában igen nagy szerepet játszott.

A számítástechnika történetének sajátos volta azáltal vált nagy jelotőségűvé, hogy az első számítógépek egyszeriben fel is tárták az ember számára a szellemi munka gépesítésének lehetőségét. Itt nem lehet figyelmen kívül hagyni *John Boole A logika matematikai vizsgálata* című könyvét. Ez a logikai algebra kidolgozásának kezdetét vetette meg, amelyet most a kibernetika széles körben alkalmaz.

Amikor a valószínűségelméletnek kialakult egy új ága, az információelmélet, annak egyetemessége — ha nem is mindjárt — mindenki számára világossá vált. Ez megnyilvánult például az információ mennyisége és a különféle energiaformák hővé alakulásának mértéke közötti összefüggésben. Erre az ismert fizikus, *Szilárd Leó* mutatott rá első ízben (1929-ben). Később az információelmélet a kibernetika matematikai alapjává lett.

A 19. században a magasabb rendű idegtevékenységgel foglalkozó fiziológiában is jelentős eredmények születtek, különösen az állatok betanítási folyamatainak kutatásában. Később, századunk harmincas éveiben figyelemre méltó jelenséggé vált *Bernsteinnek* a fiziológiai aktivitással kapcsolatos elmélete és *Anohin* elve a funkcionális rendszerről.

Az adatok felhalmozása megteremtette a feltételeket és a lehetőségeket a tények széles körű általánosítására, azok új szemszögből való értelmezésére, amit aztán *kibernetikai szemszögnek* neveztek el.

Ahogy az egyik kibernetikatörténeti műben megemlítik, már a 20. század első harmadában tisztán megnyilvánultak e helyzet jelei: egyrészt gyors előrehaladás az automatizálásban, az önirányító rendszerek felépítése elméletének és technikájának területén, másrészt az *instrumentális tendenciáknak* a fiziológiában elért mind nagyobb és nagyobb diadala, ami az élő szervezetnek mint önirányító rendszernek a bemutatásához vezetett. Az a tény, hogy a fiziológiában és az automatikában használatos technikai eszközök egyre hasonlóbbak, együtt jár a szerkezeti egységek

felépítési elveinek, a modellezési fellogásoknak, a rendszerelemzési és szervezési módszereknek kölcsönös cseréjével.

Minden kor eszméi felismerhetők annak technikájában. A 17. század az órák ütésével, *Huygens* és *Newton* eszméinek diadalával nyilatkozott meg, a 18. század vége és as egész 19. század pedig a gőz sivításával, a gőzgépek uralkodóvá válásával. *Newton* fizikáját *Carnot* és *Joule* fizikája egészítette ki. Korunk — az elektromosság uralmának kora — a csatolásban és az irányításban lelte meg önmaga tükörképét.

Éppen a csatoláson és az irányításon keresztül egyesül minden elv, ami a kibernetika alapjául szolgál, s annak alapvető értelmét adja.

Lényeges azonban megjegyezni egyebet is. Korábban a bonyolult alkotások tanulmányozása azok részekre tagolásához, s az e részek megtalálásához szükséges elemi törvényekhez vezetett el. Egy idő múlva a tudomány előtt felvetődik a bonyolultnak egészében való tanulmányozása, különálló elemekre bontás nélkül. Fokozatosan sor került a tudományos gondolkodás átirányulására is. A tudomány áttér a (klasszikus mechanikára jellemző) *szabályozott egyszerűség* tanulmányozásáról a (statisztikus fizikában levő) *rendszerezetlen bonyolultságra*, a szervezett bonyolultságra (ami különösen a kibernetikára jellemző).

Ezért alakultak ki a különböző országokban a harmincas és negyvenes években olyan tudós csoportosulások, amelyek kitartóan kutatják azokat a módszereket, amelyek a fizika, a matematika, a technika, a fiziológia csatolási és irányítási problémáinak megoldásában közösek.

I. I. Artobolevszkij akadémikus elmondta, hogy még a második világháború előtt a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának rendszerében automatikai és telemechanikai bizottságot hoztak létre. A bizottság tagjai között nemcsak mérnökök, hanem tudósok is — köztük *P. P. Lazarev* biofizikus akadémikus — voltak.

— Sok tudós már akkor megértette, hogy az automatizálás az előrehaladás elengedhetetlen törvénye — emlékszik vissza *Arto-*

bolevszkij. — Megkíséreltük a bonyolult mechanizmusok működésének irányítását célzó programok alkalmazását. Ez a jacquard-i eszmék továbbfejlesztése volt, de nem mechanikai, hanem elektromos olven. Kísérletünk azon alapult, hogy a mechanikus és villamos rendszerekben a folyamatok között differenciálegyenletekkel egyértelműen leírható hasonlóságok vannak. Az adott egyenletek alapján irányítani lehetne a bonyolult rendszereket. Sajnos munkánkhoz nem kaptunk semmilyen támogatást. Néhány filozófus, isten tudja miért, még idealizmussal is megvádolt bennünket.

Egyes tanulmányok szerint körülbelül ugyanebben az időben Franciaországban *L. Lapicque* fiziológus és *L. Coufignale*, a számítógépes matematika szakembere a közös problémák megvitatására tudósokat toboroz.

Angliában 1936-ban *A. Turing* matematikus publikálta egyik munkáját, amelyben egy absztrakt számítógépet írt le. A tudós nyílt nézetei sokban megelőzték a kibernetika néhány problémáját, melyek iránt *J. Holdein*, *S. Leavit* és *J. Bernal* is nagy érdeklődést mutatott.

Az USA-ban 1936-ban *Norbert Wiener*, a nagy matematikus több különböző szakág tudósainak összefogását kezdeményezte az egymásból adódó problémák megoldására.

Az irányításról és a csatolásról szóló tudomány kialakulásában jelentős határkőnek számított az 1943-as esztendő, amikor Princetonban *Wiener* egy nem hivatalos szemináriumra hívta össze a neurofiziológusok, híradástechnikai mérnökök, számítástechnikai konstruktőrök egy csoportját. Ugyanahhoz az asztalhoz ültette le azokat a szakembereket, akik korábban idegenkedtek egymástól.

Valamennyien csodálkoztak, hogy mindenki egy nyelven beszélt, bár nyelvük szókészlete az oly eltérő tudományágaik szakkifejezéseit tartalmazta.

Éppen itt kapott polgárjogot a *memória* szó, amely egybefoglalta a különféle információmegőrző módszereket. És éppen itt vándorolt át a *visszacsatolás* mint szakkifejezés az elektrome-

chanikából és az automatikából a bionikába. Éppen itt egyeztek meg valamennyien abban, hogy az információmennyiség mérésére a bitet használják.

„Úgy vélem — írta később *Wiener* — , hogy a princetoni találkozás adott életet az új tudománynak, a kibernetikának."

Így *Wiener* kétszeresen is a kibernetika megteremtője lett. Egyrészt mikor lerakta annak elméleti alapjait, másrészt pedig amikor kiharcolta hivatalos és mindenki általi elismertetését.

Rendkívül fontos megemlíteni, hogy *Wiener* csoportja saját eszméi fejlesztéséhez megragadott mindent, ami megragadható volt, részletesen és lelkiismeretesen utalva a tudomány legmeglepőbb területein működő tudósok munkáira.

„Ha a tudomány történetéből a kibernetika részére védőszentet kellene választanom, akkor *Leibnitzet* választanám" — írja *Wiener* a *Kibernetika* című könyvében. *Leibniz* filozófiája két szorosan összefüggő gondolat köré csoportosul — az univerzális szimbolika, és a calculus rationator köré. Napjaink matematikai jelölési módja és a szimbolikus logika ezekből ered.

Wiener hivatkozik tanítómesterére, *B. Russellre* is, akinek ő, mint tudós, lekötelezettje. Beszél *Neumann János* szerepéről a kibernetika megteremtésében: *Neumann* nevéhez fűződnek a játékelmélettel kapcsolatos első kutatások, valamint a vezérlőrendszerek szerkezetével, s azok általános felépítési elveinek vizsgálatával foglalkozó alapvető munkák is.

A kibernetika megalapítója rámutat arra, hogy kutatásai közül némelyek egy orosz tudós, *Kolmogorov* korai munkáinak egyikével függnek össze. E kiváló matematikusunkról *Wiener* nemegyszer beszélt. „Amikor *Kolmogorov* akadémikus munkáit olvasom — írja *Wiener* — , úgy érzem, ezek az én gondolataim, s ez az, amit ki akartam mondani. És tudom, hogy ugyanilyen érzései vannak *Kolmogorov* akadémikusnak az én könyveimet olvasva. — És a továbbiakban: — ...Teljes mértékben feltehető, hogy *Kolmogorov* e terület valamennyi alapkérdését nemcsak függetlenül dolgozta ki, hanem első is volt, aki eredményeit publikálta."

Wiener megemlíti műveiben *Krilov*, *Rogoljubov*, *Gurevics*, *Kozuljajev* és *Krein* szovjet tudósok nevét is.

Különleges helyet foglal el *Pavlov* a kibernetika történetében. „*Pavlov* — állítja *Wiener* — bátran hajtotta végre az áttérést a gondolatok statikus alakjától a jelenkor dinamikusabb nézőpontjához."

Fontos, hogy *Wiener* akkor utal *Pavlovra*, amikor a számítógép és az élő szervezet idegrendszerének munkájában található hasonlóságról beszél.

Ezen áttekintés eredményeképpen szeretném aláhúzni a következőt. *Wiener*, a *Kibernetika* című könyvén dolgozva, csupán abban bízott, hogy gondolatai valamiféle visszhangra lelnek. Sem ő, sem kollégái nem gondolhatták, hogy micsoda izgalmat keltenek, amikor a sajtó útján jelentkeznek.

„Amikor a *Kibernetika* című könyv tudományos bestsellerré vált, mindenkit elkápráztatott, s engem sem kevésbé, mint másokat" — fejezi be *Wiener*.

Valószínűleg a kibernetika története az egyik legjobb példa korunk tudományos eszméinek összhangjára.

A dolog lényege és csak a lényege

A téli reggel megihlette a költőt, s szépségét versben nyújtja át:

Kék színű égbolt alatt
pompás szőnyegként tapad
a hó, a fényben ragyogó;
Csak a hűs erdő borult el,
zúzmarán át fenyő zöldell,
jég alatt a patak csillogó.

A forradalom erőinek fenségétől áthatva a művész azt sajátos módon ábrázolja: bátor és erős istennőnek rajzolja meg, aki a népet hőstettekre hívja fel.

A népgyűlésre hívó harangszó — mely a diadalok és a népi balsors napjaiban csendült meg — ösztönzést ad oratórium írásához, amely a népet az idegenekkel való harcra buzdítja.

Az *érzékileg felfogható világ* leírásai — így hívják a tudósok az irodalmi és képzőművészeti alkotásokat. Úgy vélik, hogy a valós élet — az érzékileg felfogható világ — leírásai között az irodalmi leírás a leghajlékonyabb, legkifinomultabb árnyalatú.

Amikor *Gorkij* meglátta a tengert, s az valami szokatlannal, az addigi ismereteitől eltérő dologgal kápráztatta el, azt írta: *Kacagott a tenger...*

Az irodalmi leírásban sok a szubjektív, az egyéni. Csak *Gorkij* látta, hogy a tenger kacagott. És valóban elhihető, hogy a tenger kacagott?

Igen, az irodalmi leírás árnyalatokban gazdag, de a *hihetőség alacsony mértékével* tűnik ki.

Létezik egy teljesen eltérő eljárás az életkép, a természeti kép leírására, amikor elvetik mind a tenger színét, mind a színek játékát, mind pedig a hullámverés tajtékját a parton. A tenger vizét akkor a kémiai elemek jeleivel írják le, s a hullámcsapás erejét fizikai egyenletekkel számítják ki.

A tudományos módszer e különleges voltát tudósok méltatják. A tudomány a természet rejtett titkairól szóló vonzó elbeszélését nem az irodalom színes, hanem a maga sajátos nyelvén írja le. Száraz és szigorú sémák, grafikonok, rajzolatok, formulák, táblázatok, egyenletek, szimbólumok meztelenítik le a valóság, a reális élet lényeges vonásait, írják le a valós élet *konstrukcióját*, s emelik ki a természetben meglevő összhangokat.

A következő szavak nagyon igaz módon, nagyon pontosan határozzák meg az élet megismerésének tudományos módszere és a művészetre jellemző megismerési mód közötti különbséget: *A művészet sírásra és nevetésre késztet bennünket; a tudomány arra, hogy gondolkodjunk és számoljunk.*

A képzőművész, a zeneszerző és a költő színekről és hangokról beszél nekünk. A tudós szemet huny a színek láttán, s a hangok lejtésére. A színekben és a hangokban az alapvető jellemzőket

emeli ki, azt csupán, ami a hangot hanggá, a színt pedig színné teszi: a tudós a színt az elektromágneses hullámok, a hangot a levegőben terjedő nyomáshullámok hosszához köti, és e hullámok törvényeit kutatja.

De miért éppen a tudomány ismeri meg a természetet? Milyen módszereket alkalmaz, milyen eszközöket használ fel?

Ehhez egy egész eszköztár áll rendelkezésre, a valóság jelenségeinek kutatását szolgáló eljárások egész gyűjteménye. A fő az objektív, az általános kiemelése, a részletekre való tekintet nélkül.

Egy másik módszer, amikor az általános, a lényegi vonásokat vizsgálják. E célból találták ki az *abszolút sötét testet*, az *abszolút kemény testet*, az *ideális gázt*, az *abszolút kemény felületet*, az *összenyomhatatlan folyadékot* és így tovább.

Idézek egy kivonatot az egyik kimondottan szakmai tudományos munkából, *J. F. Woolf* professzor *Válogatott szilárdságtani és ásványtani munkák* című művéből: „A Föld tényleges felszíne, a kiemelkedések és behorpadások végtelen változataival, teljesen szabálytalan. Hogy a Föld alakját elképzeljük, nem a reálist hanem valamilyen elméleti felszínt tanulmányozunk. A Föld alakjának a fogalmát elvonatkoztatjuk a felszín egyenetlenségeitől, olymódon, hogy elég nagy távolságból szemléljük, amikoris ezek az egyenetlenségek eltűnnek. Az eljárást teljes egészében igazolja az, hogy a Föld sugara a legmagasabb hegyekhez és a legnagyobb tengermélységekhez viszonyítva igen nagy, s a hegyek és a beesések nem rontják bolygónk általános matematikai arculatát."

A tudományos megismerés ilyen leegyszerűsítésekhez folyamodik, hogy kimutassa a tanulmányozásra szánt tárgy lényeges vonásait, hogy tisztázza sajátosságait, megvonja körvonalait, s hogy megismerje szerkezetét.

Más szóval, bármelyik elv — az azonosítás, az idealizálás, a leegyszerűsítés, az elvonatkoztatás stb. — lenne is a megismerés módszerének alapja, mindig adódik *eldurvítás*, *lemeztelenítés*, *kiélezés*, vagyis a fő, az alapvető, az általános kiemelése.

Ily módon szerezve meg ismereteiket, a tudósok a felfedett törvényszerűségeket pontosabban megfogalmazzák, konkretizálják, általánosítják. Nincs helye határozatlanságnak, kétértelműségnek. A tudományban megvan a lehetőség a maximális általánosításra, s a fogalmak automatikus felhasználására.

Mindenekelőtt össze kell állítani (tól — ig) a tudomány területén meglevő valamennyi eredeti, elemi fogalom jegyzékét. Ennek az összeállítása nem egyetlen tudós feladata, s még csak nem is egyetlen tudósnemzedéké: ez az ismeretek adott területének, a tudomány mély, logikus szerkezeti elemzésének hosszú fejlődésbeli eredménye. A jegyzéknek olyannyira teljesnek kell lennie, hogy ne maradjon ki belőle egyetlen alapvető fogalom sem, s oly pontosnak, hogy semmiféle fölösleges fogalom ne legyen benne. A matematikában egy ilyen lista összeállítása két évezredet igényelt.

Ez azonban még messze nem minden. Az absztrahálás folyamatához elengedhetetlen (ugyancsak tól — ig) egy végső axiómarendszer kiépítése. Olyan mondatok, ahová a lajstrom eredeti fogalmai jelzői minőségben tartoznak, de nem szemléltető jelzőkként, hanem szimbólumok formájában. *Eukleidész* a pontot ábrázolva azt mondta: *A pont az, aminek nincs kiterjedése.* Ez egy szemléltető jelző. Az axiómák eltérnek tőle, azok egyszerűen tételek, illetve formulák.

Az axiómarendszer a maga nemében szigorú követelmények — mindenekelőtt az ellentmondásnélküliség követelményének — alárendeltje.

Az axióma mindig azt állítja, hogy például $1=1$, semmiképp sem azt, hogy $0=1$. A második követelmény a teljesség követelménye. Ez azt jelenti, hogy bármilyen megállapításnak vagy feltétlen bizonyítottnak, vagy cáfolhatónak kell lennie. Azután szükséges a megoldhatóság; vagyis kell lennie olyan módszernek, ami lehetővé teszi annak megállapítását: bizonyítható-e az ítélet, amit a rendszerben kimondtunk, vagy sem. Végül az önállóság: a rendszerben nem szabad olyan fölösleges axiómáknak lenniük, amelyek az adott rendszer egyéb axiómáiból következ-

nek. És feltétlenül szükséges megmutatni a következtetés logikai szabályainak rendszerét.

Mindezt a szimbólumok sajátos nyelvén kell kifejezni, leírni, elmondani.

A dolog tömör lényege majdnem mindig eléggé kiszámíthatatlan eszköz, amely kicsúszhat a kezünkből, s nehezen kitapintható. Ez azonban még nem nagy baj. Sőt, maga a modell is pontosításra szorul a tudomány fejlődési folyamatában.

Vegyünk egy példát. *Immanuel Kant* német filozófus, korának ismereteire alapozva, azt állította, hogy *a kémiai elvek tisztán empirikusak, gyakorlatiak, és ezért a legkisebb mértékben sem adnak magyarázatot a kémiai jelenségek lehetséges szabályaira, miután matematikai használatra nem alkalmasak. Kant* tehát kételkedett abban, hogy a vegyész megjósolhatja a kémiai reakció lefolyását. De lám, egy mai kémikusnak ennek kapcsán semmi kételye sincsen: most egy fizikai-kémiai szakember — matematikai számításokat alkalmazva — képes többféle reakciót leírni anélkül, hogy kísérletet végezne.

Kiderült, hogy a modellezés elég gyakran keveredik ellentmondásba a tudományban egy új helyzettel, amikor a korábbi módszerek elégtelenné, gyengévé, s *a dolog tömör lényegének tükrözésére* képtelenné válnak. A korábbi módszerek felváltására újak, korszerűbbek jelennek meg, így az absztrakció egy *ugrás* a haladás lépcsőjén. Ezért a tudományos megismerés mint az absztrakciónak a megismerésben alkalmazott eszközöket tökéletesítő folyamata lép fel.

A dolgok ilyen állása teljesen törvényszerű. Tükrözi a megismerés folyamatának lényegét. Sajátos illusztrálása annak a világnak, a természetről szóló ismeretek birtoklásában meglevő törvényszerűségnek, amelyről *Lenin* azt írta: „Az ember nem képes megragadni (tükrözni, ábrázolni) a természetet mint egészet: teljességében, közvetlen integritásában; csupán örökösen közelíthet ehhez, absztraktciókat, fogalmakat, törvényeket, tudományos világképet stb. alkotva."

Tehát a modellalkotás hivatott *a dolog tömör lényegének* ki-

mondására, minden egyéninek, utánozhatatlannak szoros és rideg logikai-matematikai *szimbólumlánccolattá* kovácsolására. A valóságból, a reális világból csak azt ragadja ki, amit merev rendszerekbe lehet foglalni, a fogalmak végső lajstromát. Ezért a modellalkotás az adott tudományterület elszakítottságának, az élettől való elidegenedettségének benyomását kelti. Az a nézet alakul ki, hogy az absztrakció a matematikusok és a logikával foglalkozó szakemberek *tisztaész-terméke*.

Ez a benyomás azonban teljesen hamis: bármilyennek is tűnnek is a formulák, az *önmagukban* létező szimbólumok, az absztrakció, amely alkalmazza őket mindig, mindenben, s mindenütt a valódi világ különböző oldalait kifejező folyamat. A modellt alkalmazó tudománynak csak akkor van értelme, ha az végső fokon gyakorlatilag is alkalmazható. Egy elvont elmélet és az alkalmazása közti időbeli eltérés nem mindig rövid, néha évszázadokat, évezredeket igényel. A modellalkotás gyakorlati értelmét azonban mindig lehet ellenőrizni. A matematika tanulmányozza, ellenőrzi a formális rendszerek szerkezetét és sajátosságait, s nem a formális, hanem a dologi, tartalmas tudomány álláspontjából közelít hozzájuk. Nem a szimbólumok, hanem a tartalom: ez az, ami a matematikát érdekli.

Beszélnek manapság a *modellalkotás* szűk és tág értelmezéséről.

Szűk értelemben a modellek a tanulmányozásra szánt tárgyak tartalmát úgy határozzák meg, hogy azokra a matematika alkalmazható legyen: azokat *matematikai szemüvegen* át lehessen szemlélni. Tág értelemben azonban a modellalkotáson a tárgyak tanulmányozását, *konstrukciójuk* formális logikai törvények alapján való meghatározását értik.

A *modellalkotás* a múlt század végének és századunk elejének szülötte. Egyelőre a matematikában, a matematikai logikában, s részben a fizikai matematikában lett valósággá. De a kibernetikát, ezt a matematizált tudományt, bármennyire is különös, még nem modellezték. Hisz ez idő szerint még nem is létezik a kibernetika tartalmának egy egységes, általánosan el-

fogadott meghatározása, nincs meg az alapfogalmainak a jegyzéke, nincs axiómarendszere, és így tovább, tehát hiányzik mindaz, amik nélkül lehetetlen egy tudományt összefoglalni. Nagy szerepet játszik azonban a kibernetikában a matematika és a logika formalizmusa. Éppen ennek révén tudták alkalmazni a matematikai logikát az elektronikus számítógépekre, amelyek annak törvényei szerint működnek.

A kiállításokat járva

Jól kigondolták az emberek: egyszer össze kell gyűjteni a legérdekesebbet, legokosabbat, legkiválóbbat, amit csak megcsinálhattak. És nem csupán a dicsekvés kedvéért. Nem, nemcsak a hiúság bírja mozgásra az embereket, hanem az az óhaj, hogy a Földet minden kényelemmel ellássák, és életüket tartalmasabbá tegyék.

Ha gondolatban végigjárjuk a kiállításokat, akkor fokról fokra emelkedünk fel a tudományos fejlődés lépcsőjén az első vízikeréktől kezdve...

Mielőtt azonban a tudomány és a technika mai lépcsőfokát megneveznénk, nézzük meg a múltbeli kiállításokat. Minden egyes kiállítás új lépcsőfok, s e lépcső mindegyik foka magasabb az előzőnél, de egyik sem jelenhetett volna meg az őt megelőző nélkül.

Két évszázad választ el bennünket a világ első ipari kiállításától, amikor Londonban 1761-ben az emberek bemutatták nagy alkotásukat, a földművelő gépeket.

A második kiállításon, 1767-ben, az éppen hogy feltalált szövő- és fonógépek keltették fel a figyelmet.

1851 az I. Világkiállítás éve. Azután még sok világkiállítás követte egymást. Csupán 1851 és 1914 között 18.

Híres az 1889. évi Párizsi Világkiállítás. A diadalmas 19. század! Egy század, amely a világnak vasutat, autókat, elektromosságot, röntgensugarakat ajándékozott. A kiállítás legnagyobb

sikere a híressé vált Eiffel-torony, a *vaskorszak* szimbóluma.

Fél évszázad múlva New Yorkban az emberiség az elektromossággal demonstrálta hatalmasságát.

A jubileumi — szám szerint a 30. — Brüsszeli Világkiállítás az *Ember és haladás* jelszó jegyében zajlott le. A zúgó, 110 méteres *atomium* az atomkor beköszöntét jelképezte.

Kanadában, Montrealban nyílt meg 1967 tavaszán az emberiség történetének egyik legnagyobb kiállítása, az *EXPO*-67. Ezen a világ 62 állama vett részt; 493 épületben helyezték el mindazt, amit a mezőgazdaságban, a tudományban, az építészetben, a kultúrában elért eredmények bemutatására oda tudtak szállítani, hogy napvilágra hozzák az emberek szellemi és anyagi törekvéseit, s az emberi teremtő szellem jellemzését adják.

Montrealban nem volt épületszimbólum, de minden pavilonban volt jelkép. Még a fiatal Tunisz csarnokában is ott állt egy számítógép.

Pontosan három év múlva Japánban, Osakától nem messze nyílt meg a soron következő világkiállítás, az *EXPO*-70. Célja az volt, hogy az emberiség haladását és harmóniáját demonstrálja a világ számára.

Ott voltam ezen a kiállításon. Mint mindenki, én is a fő építményre figyeltem fel: a *naptoronyra*.

A középpontban egy kúp alakú, 100 méteres tömb emelkedett, amely fehér cukorsüvegre emlékeztetett. Ez valójában egy fej, csakhogy valamilyen elmosódó, meghatározatlan alakú ember feje. A *naptorony* szinte olyan, mint valami emberi külsőt öltött bolygó. Ez azonban csak az első pillantásra tűnik így. Figyelmesebben oda kell nézni, s a bástyafő fokozatosan hasonlóvá válik egy nagy aranykorong állványzatához. Oly könnyedén ültették rá e fő emelvényre, mintha lebegne fölötte, egy nagy térség fölött, az egész kiállítás, s az egész világ fölött.

Egy aranyból öntött csillagról két fényszóró mint két szem néz farkasszemet a látogatókkal.

Nem tudom, másokra miként hatott, de bennem nem egy arany égitest benyomását keltette az aranytorony, hanem a kibernetika

korszakának küklopszrobotjának tűnt. És nyilván azért, mert az *EXPO-70-et* szó szerint áthatotta az elektronika. Az egészet elektronikus tükrön át lehetett szemlélni.

A kiállításon mindenütt az elektronika hatalmas ereje dominált. Ez olyan volt, mint valami mesevilág, telve elektronikus realitásokkal és kibernetikai ábrándokkal. Volt itt egy pavilon, amelynek bejárata előtt ezt olvashatták: *A komputer alkotta ideális társadalom — a Komputópia — a jelenkor álma!*

Az elektronika korszaka... A kibernetika kora... A tudományos-technikai forradalom, amely teljes fordulatot hozott a tudományos kutatásban és a technikában... A gépek soha nem látott hatalmának beköszöntése, azoké a gépeké, amelyek nemcsak izmainknak segítenek most, hanem agyunknak is...

Az emberiség történetében még sohasem hatoltak a gépek ilyen hévvel az élet pórusaiba. Az elektronika behatolása: valóban totális invázió. Az elektronikus gépek úgy árasztották el a tudományt, a technikát és az ipart, mint a vízár egy gát nyitott zsilipjein át.

Vajon az elektronikus számítógépek gyártásának növekedési üteme miként érte be más iparágak növekedési ütemét? 1955-ben az NSZK-ban a feldolgozóipar fejlődéséhez viszonyítva a növekedés 546 százalékos volt, Olaszországban 505, Angliában 303 százalékos.

Az első elektronikus gépekkel az USA laboratóriumaiban kísérleteztek, majd 1950-ben kezdték őket alkalmazni. Akkor mindössze 15 volt belőlük. 1958-ban a gépek száma elérte az 1500-at. 1959-ben az amerikai vállalatok körülbelül 1,5 milliárd dollárt fordítottak elektronikus számítógépekre, 1969-ben pedig 21,5 milliárdot. 1960-ban körülbelül 5000 gép volt, 1967 végére pedig 40 ezer. A legnagyobb kapitalista országban 1975 végére elérték a 200 ezret. A prognózis 1980-ra 355 ezerre jelzi számukat.

Ugyanez a kép figyelhető meg más ipari országokban is. Franciaországban 1959-ben 20 számítógép volt, 1969-ben pedig 5000; Japánban 1957-ben csupán három gép volt, ma pedig több ezer!

Míg 1949-ben az egész világon mindössze néhány elektronikus

gép működött, addig 1966-ban számuk már 30 ezerre nőtt. 1969-ben 75 ezer volt belőlük, ma pedig, amint feltételezik, számuk százezrekre tehető!

Napjainkban az egész világon óriási szervezetek és vállalatok sokasága foglalkozik a számítástechnikai eszközök előállításával. Az elektronika által egy nap alatt létrehozott érték csillagászati számokkal határozható meg. Az elektronika a megbecsülés pódiumára hágott, és elfoglalta az első helyet a termelésben, megelőzve olyan vetélytársakat is, mint az atomtechnika és a világűrkutatás.

Töretlenül nő a matematikai gépek kibocsátása a Szovjetunióban is. A kiindulópont az 1950-es év: 100 százalék. Öt év múlva 737 százalék. Csupán egy év telik el, és 1000 fölé ugrik: 1171 százalék. 1965-ben a kibocsátás az 1958-as évihez viszonyítva a 4,7 szeresére nő. 1970-re pedig, folytatva a lankadatlan emelkedést, az 1965-ös évit 4,8-szorosan haladja túl. Az elkövetkező 8—10 évben a Szovjetunió kerül az első helyre: a legtöbb elektronikus számítógépet ott gyártják.

A szakemberek azt állítják, hogy az elektronikus számítógépek jelentik azt az ösztönző erőt, melynek segítségével az emberiség soha nem látott alkotó felvirágzását és megszokott hétköznapi dolgok tömegétől való megszabadulását éri el.

Gépek, sebességek, s a jövő

Valószínűleg nem volt a technika történetében hasonló eset. A gép, amely még nem is tudta ámulatba ejteni az embereket, máris múzeumi tárggyá, ritkasággá válik, jobban mint, tegyük fel, egy század eleji autó. Pontosan ez a sorsa az első számítógépeknek is, gépkortársainknak is. Itt van az *ENIAC*, amely előtt hajlongtak a számítástechnikusok. Egy bonyolult, 30 tonnás óriás egy 150 négyzetméter területű teremben, 40 különálló műszerfallal, 18 ezer elektroncsővel s 1500 elektromágneses relével.

És még egy a veteránok közül: a *Tridag*. Transzformátorai-

val, villanymotorjaival, léghűtő berendezéseivel s szivattyú-berendezéseivel együtt egy egész épületet foglalt el. És mindez 8000 elektroncső és 2000 relé kiszolgálásához kellett.

Mi okozza hát, hogy ezek az óriások oly *rövid ideig éltek*? Mindenekelőtt a sebesség!

Jóllehet a gépóriások gyorsan számoltak, de a másodpercenként végzett műveletek száma 10-től 100-ig terjedt csupán, s nem tovább.

A modern tudomány és technika azonban olyan feladatokat jelölt meg, hogy megoldásukra még csak gondolni is félő volt. Aritmetikai műveletek tíztrillióinak feltétlen megoldási igénye merült fel. Ennyi műveletet egy nagy sebességű gép is csak több év alatt képes elvégezni. Például a népgazdaság tervezésével és irányításával összefüggő feladat megoldásához évente 10 000 000 000 000 000 számítási művelet elvégzése szükséges. Csupán e feladathoz 3500 olyan gépre van szükség, amely másodpercenként 100 ezer műveletet végez.

Egyetlen megoldás létezik: gyorsabb számolásra kell készíteni a gépeket. Az azonban, hogy *gyorsabban*, módfelett relatív fogalom. Egymillióig, napi 8 órás munkával 3,5 hónap alatt tudnánk elszámolni. Egymilliárdig pedig csak 500 év alatt jutnánk el. A gép, természetesen, mindent gyorsabban végez el... De milyen gyorsan? Egy nap, egy óra, egy perc alatt?

Emlékszem az első össz-szövetségi konferenciára, amit a szovjet számítógépgyártás fejlesztési útjainak szenteltek. 1956-ban a Lenin-hegyen, a Moszkvai Egyetem komor, fehér oszlopos termében matematikusok, fizikusok, mérnökök, konstruktőrök gyűltek össze. A *BESZM* elnevezésű gépről, amely 10 ezer aritmetikai művelet megoldására képes másodpercenként, úgy számoltak be, mint az eredmények egyikéről. A tudósok azonban megpróbálnak előre tekinteni. *A. A. Dorodnyicin* akadémikus olyan gépeket jelentett be (nem értettem pontosan, lehetőségről, óhajról vagy szükségességről van-e szó), amelyek milliós műveleti sebességűek másodpercenként. A teremben összenéztek. Mire valók az ilyen sebességek? Hasonló műveleti sebességgel a gépek

minden feladatot összegeznek, s aztán nem lesz mit csinálniuk. A *Lityeraturnaja Gazeta* egyik szerkesztője riportomból konokul kihuzta a *millió művelet* kifejezést, s az elóggé meghatározhatatlan *gyorsabb* szóval helyettesítotte azt. Nehéz lett volna akkoriban ilyen sobességot magunk elé tűzni: bátortalan volt az ember a maga jóslatait illetően.

Mostanáig a számítástechnika sokat elért. Van már saját története, és látható, amint a gépek nemzedékről nemzedékre fejlődnek.

A mostani gépek elődei az elektromechanikus lajhárok voltak, amelyek akkor gyűjtötték magukba a kor minden színét és minden bölcsességét, amikor az Eiffel-torony épülőben volt.

Az első generáció a szürke fémszekrényekben levő elektroncsövek egyenletes zúgásával adott jelt magáról. Épp csak hogy erőre kapott o csöves generáció, és olyan csodákat produkált, amelyek miatt *gondolkodó* gépeknek kezdték nevezni őket, amikor az emberek már azt kezdték latolgatni, milyen méretűeknek kell lenniük a gépeknek, hogy az aggyal váljanak egyenlővé? A végkövetkeztetés nem volt biztató: egy *elektronikus agy* nagysága egyenlő egy felhőkarcolóóval.

A csöves számítógépek a kibernetika megszületésénél voltak jelen. Az újszülött tudomány és az elektroncsöves óriások szövetsége nyitott utat a gépek új nemzedéke számára.

A második generációs gépekben a fő szerepet a félvezetők vitték.

Az elektroncsövek nem működnek 10 ezer óránál tovább, a félvezetős rendszer azonban 70 ezer óráig is működőképes. A félvezetős készülékek miniatűr méretűek, csőburúk helyett gyufahegynyi alkatrészeik vannak. Az új gépek teljesítőképessége növekedett, kevés energiát fogyasztanak, s nincs szükségük a nagy hűtőrendszerekre sem. S az új gépek megjelenésétől már elkezdtek beszélni az asztali számítógépcsoportokról, amelyek a mindenütt jelenlevő számológépeket felválthatták volna. És a sebességek? Egy másodperc, vagy annak tized-, századrésze egy művelethez? Gyorsabban, lényegesen gyorsabban! Ma már a másodperc ezred- és tízezred része is sok!

Mikor a sebességért folytatott harcba bekapcsolódtak az optotronok és a kriotronok, a nagyfrekvenciájú tranzisztorok és a tunnel diódák, a spacisztorok és a twisztorok, a biaxok és a transzfluxorok, a persisztorok és a kriozárok, a parametronok és a tecnetronok, e szám százezres, sőt milliós másodpercenkénti műveletszámra nőtt. Amde e legparányibb, leggyorsabb, leghatékonyabb egységek színes forgataga is behódolt végül a harcban a *vékonyrétegnek.*

A vékonyrétegekből a kis óriások világát lehet megteremteni, s különös architektúrájú elektronikus városokat építeni. Ha azelőtt egy tervező büszkén mutogathatta gépének a heringesdoboznál alig nagyobb számítóberendezését, akkor ma kineveti őt az a mérnök, aki egy akkora lemezkére, amely egy toll hegyén is elfér, mintegy 100 teljes elektronikus áramkört koncentrál, egy köbdeciméternyi térfogatba pedig 350 ezer áramkört.

Miféle varázsló ez a vékonyréteg? Honnan van annyi ereje, hogy oly sokra képes?

A rétegek többségét úgy nyerik, hogy a megfelelő anyagot majdnem légüres térben egy milliárdad résznyi légköri nyomás mellett elpárologtatják. Az anyag üveg- vagy fémlemezen rakódik le. E finom munka többszörösen bonyolulttá válik amiatt, hogy az anyagot nem találomra, hanem szigorúan meghatározott geometrikus minta szerint kell leülepíteni. Hiszen a réteg az elektronikus hálózat egyik szakaszának szerepét játssza majd, amikor a gépbe helyezik. Az *elektronikus mintázatot* egy sablon nyílásán viszik át, vagyis egy hálóén, pontosan követve a kívánt mintát. Egy másik eljárásnál a *fotolitográfia* módszerét alkalmazzák. Az áramkörökben a rétegeknek — melyekből 10—15, vagy még több is lehet — abszolút pontosan kell illeszkedniük. A munka bonyolultságának jellemzéséhez mit sem kell hozzátennünk, ha kimondjuk a rétegek vastagságát: százezred milliméterl Bár nem is szerencsés dolog a *vastagság* szót használni, hiszen az egy borotvapenge vastagságának tizezred része, mindössze csakk néhány atomrétegl

Tehát a gépek alkotóinak ma már nem a különálló blokkokból,

az egyes téglákból való összeállítás a fő problémája, hanem az anyaggal való virtuóz rendelkezni tudás művészete, amikor annak minden részecskéje az alkotó akarata szerint foglalja el azt a helyet, amit kijelöl számára.

100 millió készülék egy köbmilliméterben, s amellet a legnagyobb kapcsolási sebességek: ezt is jelentik a harmadik generációs gépek elemei. A műveleti sebességük egytől néhányszor 10 millió műveletig terjed másodpercenként, lényegesen nagyobb kapacitásúak és gyorsabb a memóriájuk is. A gép egyidejűleg sokféle műveletet tud elvégezni, egyidőben több feladatot old meg, hozzákapcsolódhat különféle perifériális berendezésekhez, melyek az információt közérthető formában közlik, hogy bárki elolvashassa és megérthesse azokat.

És a negyedik generáció? Ezek még korszerűbb gépek. Műveleti sebességük 10^9 műveletig terjed másodpercenként, operatív memóriájuk kapacitása pedig 10^8 byte (amelyek speciális, gépen belüli információegységeket jelentenek). Egy byte két decimális számjegyet vagy pedig egyetlen alfa-numerikus jelet ölelhet fel. Még elképzelni is nehéz, milyen sok az a 10^9 byte. A példa kedvéért a gép belső memóriájának átlagos kapacitását, ami meghaladhatja a 10^{12} byte-ot is, áttesszük a könyvek nyelvére: néhány millió, egyenként 500 oldalas kötetet kapunk.

A negyedik generációs gépek felépítésüket tekintve tulajdonképpen a második és harmadik generációs gépek egész sorát egyesítik. Ilyesmit a nagyfokú miniatürizálás új fegyvere, a *nagy integrálrendszerek* révén sikerült elérni. A nagy integrálrendszerek sok elem konstruktív tömörítését jelentik. Hasonlítsuk össze: egy félvezetős berendezésben egy kristályban egyetlen tranzisztor van, az integrált rendszerben 10, a nagy integrálrendszerben pedig 100-nál több. De még ez sem minden. A jövőben a nagy integrálrendszerek bizonyára átnőnek az *óriás integrálrendszerekbe*, amelyek egy-egy alkatrésze néhány 1000 elemből áll.

Ezek már az ötödik generációs gépek elektronikus világegyetemének lesznek építőkövei, pontosabban a nagy műveleti se-

bességű számítógépek egész rendszercsoportjának, amely gépek milliárd byte-os átlagos memóriával, s másodpercenkénti több milliárdos műveleti sebességgel rendelkeznek.

A törpék abszolút fölénye az óriások felett! Győztek a törpék, miután kaput nyitottak egy soha nem hallott és látott birodalomba, melynek bejárata fölé ezt írták: *nanoszekundum*. Itt az időt a másodperc milliárdadnyi részeivel mérik. Egy számítógép effajta gyorsaságát, bármennyire paradox, sem látni, sem elképzelni nem lehet, csupán megkapni lehet, s felhasználni. A technika diadala teljes: kezek teremtették meg azt, ami előtt a fantázia is erőtlennek bizonyult.

Ahogy azonban az a technikában általában előfordul, a soron levő siker egy lépéssel közelebb visz bennünket a soron következő akadályhoz. A gépek sebessége a szilárd testben levő elektromos impulzusok terjedési sebességének közvetlen közelébe került.

Ez az akadály arra kényszerít, hogy kerülőt tegyünk. Kirajzolódnak a különleges számítógépek körvonalai. Azokat nem az elektromos áram teszi majd *élővé*, hanem a fénysugár. Ma már nem képletesen, majdnem valószerűen hangzanak az olyan szavak, hogy *felcsillan a gondolat*. Hiszen, ha belülről megtekint, hetnénk egy ilyen gépet, éjszakai városhoz lenne az hasonló mely ablakok és lámpák fényétől ragyog.

Az optikai számítógépek egészen más elven épülnek fel, mint az elektronikusak. A fény rövid impulzusai a másodperc százmilliárd résznyi idejére fogják be- és kikapcsolni a szál- és üvegplasztiklézerek rendszerét. Az ilyen rendszerekben a sebességet megnevezni is nehéz: a kapcsolás az 5-nek egy 12-jegyű számmal való osztásának megfelelő idő alatt megy végbe.

Ez a fantasztikus valóság: a fény munkaeszközzé válik, átalakul termelőeszközzé. Bátran kimondható, hogy ezek a fénysebességkorszak gépeinek első fecskéi!

A fantasztikus sebességek fantasztikus géparányokat határoznak meg, vagyis végtelenül kicsinyeket. Hiszen *számítórekeszként* e fényrendszerű gépeknél egyetlen molekula, sőt egy atom

szolgál. Itt a legégetőbb probléma a megbízhatóság. Még a tulai *Levsa* is, aki bolhát patkolt, gyámoltalannak vallaná magút egy ilyen számítóparány javításának szükségessége esetén. Tehát kifogástalan gépre van szükség. Hasonmásai vannak: a természet kifejlesztette az emberi agyat. Megbízhatósága kifogástalan. Javítás és megállás nélkül működik, bár az ember életében egy óra alatt körülbelül 1000 idegsejt hal el, egy egész élet alatt: kb. 500 millió.

Nem túlságosan merész-e annak a gondolata, hogy az agy megbízhatóságával azonos gépet hozzunk létre? Nem alaptalan-e egy effajta álmodozás? Úgy tűnik, nem. Építenek majd üvegrostból olyan lézerberendezést, mely elvileg úgy működik majd, mint az élő idegsejt. A mesterséges szálak játsszák majd az idegek szerepét az impulzusátadásban. A gép működési sémája az agy és az idegrendszer neuronjainak működését utánozza. Ez az optikai és elektronikai hibrid válik majd a *szintetikus aggyá*. A mesterséges neuronok *elhalnak*, de a műhold folytatja a jeladást, az űrállomás nem szakítja meg munkáját, s száll az űrhajó egy másik bolygó felé...

Elértük-e kívánságaink csúcsát: az óriási sebességet, a csodálatra méltó megbízhatóságot és a tömörítés tökéletességét? Az előrelátók a ködös távolban már új gépek körvonalait ismerik fel. Lehet, hogy azokat majd az ötödik generációhoz sorolják, de lehetséges, hogy önmaguk nyitnak utat a hatodik számára. Mindenesetre róluk minden különösebb jelző nélkül fognak beszélni: a megszokott gondolkodó, vagy a merev számító, vagy a merész értelmes jelzők nélkül. Miért?

Úgy vélik, hogy az új gépgeneráció megjelenése ugyanolyan forradalmat vált ki, mint amilyet az első elektronikus berendezések előidéztek, amelyek az elektromechanikus berendezéseket váltották fel. Hiszen a logikai műveletek másodpercenkénti számát a 10^{20} számjeggyel fogják jelölni! Próbáljunk megfelelő jelzőt keresni egy ilyen gépre! Ráadásul még a működési elve is egészen más lesz.

Úgy képzeljék, hogy egy könyvet nem soronként, hanem olda-

lankónt egyszerre olvasnak el, nem fűzve egyik sort a másik után, hanem egyetlen rápillantással. Az adatok egész tömegét tudják majd feldolgozni. A logikai elem nem sort kapcsol, hanem képet, sőt nem csupán egy képet, hanem egyszerre 10 ezret. Azonkívül egyetlen optikai *rost* 10^{10} információs bitet fog tartalmazni. E gépeknek nincs szükségük anyagi csatornákra a fény- és elektronjelek közvetítéséhez. Különös, majdnem testetlen teremtmények! Működési elvük, durván kifejezve, az epidiaszkópra emlékeztet, amely a képet egy vetítővászonra villámszerűen és egymás után viszi rá. Könyvkötetek milliós könyvtárát foglalja magába a gépi memória, ha ilyen képekbe rakják össze.

Ebből az információt nem a címzés elvén választják ki, amikor ki kell keresni az *utcát* is, a *házat* is, hanem asszociatív módon.

Mindaz, amit megjegyzünk, kapcsolatos egymással; csoportosan, s nem izoláltan vésődik be. Emlékezzenek *Fausztovszkij* egyik asszociációláncolatára *Arany rózsa* című művében: a vörös pulóvertől az Alma—Ata egyik utcáján sétáló *Eizensteinen* át, Amerika felfedezésének történetén, az elbeszélő *Gorkij* tehetségén, a feldühödött *Mark Twainen*, *Huckleberry Finnen* keresztül, aki egy döglött macskát tart a farkánál fogva, a lermontovi *Maxim Maximics* vagy *Bela* emlékéig. Így működik emlékezetünk, az emberi memória. Így fog működni az új gépek memóriája is. Már megszületésük előtt szép elnevezést kaptak: a *képszerű logika* gépei vagy a *képszerű aritmetika* gépei.

Elvonultak előttünk a gépgenerációk. Megfigyelhették, mily gyorsan nőnek lehetőségeik, mily heves gyorsasággal távolodnak el a hétköznapi *gép* fogalomtól és válnak elképzelhetetlenekké. És mégis: végesek-e lehetőségeink? Az ötödik generáció léte olyan állításra késztet bennünket, hogy a lehetőségek határtalanok. Mi legyen azonban azokkal a korlátokkal, amelyeket a természeti törvények szabnak meg, mint például a fénysebességgel?

Semerre sem térhetünk ki az elől, hogy az információátvitelt a fénysebesség korlátozza. Ezért a jövő optikai gépét úgy kell megalkotni, hogy a fénysugár a lehető legrövidebb utakat tegye meg benne. Valószínűleg gömb alakja lesz, mivel a geometriában

az egyenlő térfogatú testek közül a gömbnek a legkisebb a felülete. És még valami. A tudósok kiszámították, hogy az információ kiolvasási idejének csökkentésére a gépben nagyobb energiaráfordításra van szükség: több energia — nagyobb sebesség.

Mikor a mi megszokott világunkból a mikrovilágba lépünk át, más törvényekkel, másfajta *alakzatokkal* kerülünk szembe. Itt külön kell gondolnunk annak a tömörségnek a felső határára, amellyel a gép memóriáját ki tudjuk tölteni. Ott, a mikrovilágban, egy köbcentiméternyi hasadó anyag egymilliárd tonnányit nyom. Mennyi információt lehet hát bevinni az ilyen tömörségű anyagba? És az élő természetben? Gondoljuk csak el: egy esőcseppel egyenlő térfogatban benne foglaltatik az az anyagi alap, amely a Föld egész lakosságának — hárommillárd embernek — születési információját tárolhatja.

A természet tehát rendkívül találékonyan és gazdaságosan tudja *csomagolni* az információt, és azt az utat is sugallja a tervezőknek, amelyen haladva mielőbb célhoz érhetnek.

Már rég kimondták a kémikusok azt a gondolatot, hogy a mai *makrogép* felváltására egy molekuláris kémiai *mikrogépnek* kell következnie, mely a kémiai szintézis módszerével készül, amit jog szerint a bionikusok művelnek napjainkban. Lehet, mondják ők, hogy éppen a molekuláris sémák tervezése irányába meg is nyílik az út a jövőben az *okos* biológiai rendszerű gépekhez, az élő természet valamiféle hasonmásai felé.

Nem a képzelet szüleménye mindez? Nem csupán időtlen álmodozás?

Ítéljék meg Önök. Ott van Önök előtt a szemléltető példa, azon gépek dinamikus fejlődése, amelyek szüntelenül javították saját szerkezetüket, s növelték hatékonyságukat.

1950-ig tart a számítástechnika előtörténete.

Az első generáció — a rádiócsöves — 1951-től kezdett létezni, s 1955-ben nyert polgárjogot. E gépek a tudományos feladatmegoldási módszerek korábban létező formáit automatizálták.

A második generáció (1960—65), amely a félvezetőkre épült

— , már a rendkívüli mennyiségű adatok feldolgozásának a korszakát nyitja meg.

A harmadik nemzedék, az integrált áramkörök megjelenése, csupán 1970 után tört utat a következő géptípusoknak. Nem annyira a nagy tömegű sikeres adatfeldolgozással keltett feltűnést, mint inkább az adatok információvá alakításával. Megemlíthetjük, hogy a gépek harmadik generációja vetette meg az információs korszak kezdetét.

A negyedik nemzedék — ez már a nagy sűrűségű integrált áramkörökre épül — a távadatfeldolgozó berendezések soha nem látott elterjedését és az univerzalitást hozza magával. Beköszönt, ha szabad így mondani, az elektronikus számítógépekkel való távbeszélgetések korszaka.

És az ötödik generáció gépei? Úgy gondolják, hogy napjainkban megszületnek, s az ember villámgyorsan működő segítőtársainak korszakát fogják jelenteni. Bizonyos, hogy már a 80-as évek kezdetére bárki, bárhol igénybe veheti a számítógép szolgáltatásait.

A számítógépek minden egyes új generációja átlagosan 5—6 év elteltével jelenik meg, és — utat engedve a következőnek — 10 évet él.

Mindössze negyed század alatt 4 generáció alakult ki. Az emberi élet viszonylatára átszámítva ez egy évszázadnak felel meg. És ez idő alatt — nevezzük ezt „*száz a huszonöthöz*“ időnek — a számítások egyszerű automatizálásától tettük meg az utat az ember és a gép majdnem egyenértékű együttműködéséig. Ezért bizonyulhat sok feltételezésünk reálisnak.

Nehéz ma meghatározni az eljövendő gépek helyét az emberi életben.

Mit kezdenek majd csinálni az ember agyánál nagyobb emlékezőképességű, s az emberi agynál gyorsabb gondolkodású intellektuális automaták?

Nehéz megmondani. Csupán egy dolog világos: az értelmes gép lehetőségeinek egyetlen korlátja nem önmagában, hanem az azt megteremtő emberek leleményességében és fantáziájában rejlik.

Az automaták automatizálása

Képzeljük el, meddig jutott el a technika, ha az automaták automatizálásának kérdése is felmerül. A számítástechnika területén a tökéletesítés folyamatában milliós, sőt milliárdos másodpercenkénti műveleti sebességet értek el, ami már önmagában is a nagyfokú automatizálás szimbóluma.

A matematikus felállította a bonyolult folyamatokat leíró egyenleteket. Gépi megoldásuk lehetetlen, míg a programozó azokat át nem teszi az ember számára világos formulák és szimbólumok nyelvéről a gép által értelmezhető digitális utasítások nyelvére. A programozó munkáját könnyítő alapprogramok összességét *software-nek* nevezzük. A számítógép számára ez ugyanazt jelenti, mint az embernek a műveltség: nélküle a gép nem gép. A software színvonala éppenséggel meghatározza a gép sikeres vagy sikertelen működését. A software-szint egyenlő a gép *intelligenciaszintjével.*

Ezért nem sajnálják az eszközbefektetést a programozás automatizálásához! Ma ez többe kerül, mint maguk a gépek. Az első generációs gépeknél mintegy 20 ezer, a harmadik generációnál már 10 millió program létezett! Felmerült a software ipari termelésének szükségessége is, ez már az árutermelés egyik új ágazatává is vált.

A munkatermelékenység távlati növekedése most nem csupán a gépi sebességek növelésében rejlik, hanem a programozás folyamatának automatizálásában is, a gépen belüli programok tömörítésében, s a sajátos gépi rangsor kialakításában.

E nehézségeket nem mindjárt vették észre. Eleinte csupán azt tűnt fel, hogy mennyi értékes idő megy el a programok összeállítására: 3 hónap alatt írnak meg egyszerű programot, hogy aztán a számítóautomata 20 perc alatt megoldja a feladatot. Gyakran oldanak meg olyan feladatokat is, amelyek sok ezer utasításból állnak.

Gondoljuk csak el, mennyi munkával jár a programok összeállítása, ha egyetlen gép programkönyvtára több millió utasí-

tást ölel fel. Az ilyenfajta munka a tudományos alapkutatásokhoz mérhető. Hogy egy mai gép matematikai felszereltségét megteremtsük, 2000 matematikus 2 évi munkájára van szükség!

És a próba? Egy új program kipróbálására kétszer annyi időt kell fordítani, mint a tényleges programírásra.

Nem kell lángésznek lenni annak felismeréséhez, hogy a gépet magát is lehet a program összeállítására késztetni. A bevitt információk alapján állítsa össze a programot saját maga, a minimumra csökkentve ezzel a kézi munkaműveletek körét! Ki lehet használni azt, hogy az elektronikus gépek *értelmes* gépek. Memóriájukba sajátos elemi programok vihetők be. Ezeknek mindig a géphez kell tartozniuk, azok *reflexeivé* kell válniuk. Elhanyagolva néhány közbenső programot, e *reflexeket* készteti működésre a gép, egységes programozási eljárásokat használva fel.

Az automatikus programozás elsőrendű célja: segíteni a programozót abban, hogy közölje a géppel, mit kell tennie; felmenteni a programozót a feladat egymást követő mesterséges műveletekre szabdalása alól; s lehetővé tenni azt, hogy a géppel a nem szakemberek is bánni tudjanak.

Az automatikus programozás a nagy feladatok megoldása esetén jobban készíti el a programot, mint a programozók, s hozzá olyan gyorsasággal, amely számukra elérhetetlen. Még egyes olyan hibákat is feltár, melyeket az ember a feladat meghatározásakor követ el.

Ne csodálkozzanak azonban, ha azt mondom, hogy mindezt nem tekintve, a tegnap korszerű elektronikus számítógépeit a szakemberek a számítástechnika dinosaurusainak nevezték el, és egymás közt ócsárolták, figyelmet sem fordítva a közönség lelkesedésére, amit még fűtöttek az újságírók a *csodagépekről*, az *elektronikus agyról*, a *számítóóriásokról*, az *emberi kéz remek alkotásairól* szóló leírásaikkal.

A gépben a különálló blokkok bizonyos mértékben egymástól függetlenek, és nem egyszerre működnek. Eddig a gépekben sok alkatrész többet állt, mint működött. A nagy értékű berendezést

nem használták ki hatékonyan, akár egy rosszul tervezett futószalagon a különböző termelékenységű gépeket.

Segít e helyzeten, ha a különféle gépek között — a kevésbé termelékeny munkapadok után — tartalékokat képzünk.

Csökkentve az állásidőt a gép munkaciklusaiban, a rendszer összes blokkjának kihasználási együtthatója közeledett egymáshoz.

A tervezők minden készülékbe *beépítették* az egy időben és több programmal, vagy egyetlen program néhány részével való önálló működés készségét, vagyis hogy több feladat egyszerre legyen megoldható. Így a gép egyenletesebben terhelhető, készülékei önállóan működnek, nem várva ki a *szomszéd* gépegység műveleteinek befejezését.

Ezt a munkamódszert *párhuzamos programozásnak* nevezték el.

Emlékszem, hogy *A. I. Berg* akadémikus a Tudományos Akadémia Kibernetikai Tanácsában milyen izgatottan mondta el (a kibernetikáról nyugodtan nem is tud beszélni), hogy a párhuzamos programozás jelentősége a maga idejében a könyvnyomtatás kezdetéhez volt hasonló.

A fejlődés dialektikája éppen abban van, hogy minden tökéletesítés, minden újítás idővel olyan nehézségekhez vezet, amiket csupán új tökéletesítés eredményeivel lehet elhárítani.

A párhuzamos programozás az elektronikus berendezések hatékony működését nagymértékben elősegíti. A régi törvényszerűség ismét érvényesült: minél nagyobb teljesítményűvé válnak az elektronikus számítógépek, annál több időt fecsérelnek el improduktív munkára.

Ahogy azt a zsámítógépi zsargonban mondják, a gépi *háztartás* kivételes munkaszervezést és időt igénylő dolog. Egyes gépek munkaidejük több mint 80%-át fordítják az *elektronikus bürokráciára*: a gép különböző részei közötti információcserére, az információkiválasztásra.

A tudósok elhatározták, hogy a gépeket a rangsorelv szerint használják fel, s így leszámolnak az *elektronikus bürokráciával.*

Néhány különböző központi számítógépegységet, amelyek mind-

egyike meghatározott munkát végzett, központi csoporttá egjeesítettek, amelyet különböző pontokkal (a feladatok be- és kivitelére szolgáló *végberendezésekkel*) kötöttek össze. Az együttesben volt egy vizuális műszer (televízióhoz hasonló készülék), amely a képernyőre alfa-numerikus és grafikus információt vetített ki. Volt továbbá egy billentyűzet és egy nyomtató berendezés. A központi csoport — vagy helyesebben a számítórendszer — egyidejűleg több száz, sőt több ezer megrendelővel tud dolgozni. És emellett minden egyes megrendelő úgy dolgozhat, mintha a gépek csupán az ő személyes rendelkezésére állnának.

Azok, akiknek egyszerű feladataik vannak, nem juthatnak el a nagy központi géphez. Igényeiket egy speciális program a sorrendiség szerint osztályozza. Ez a *diszpécser*. Ügyel a sorrendiségre, és bekapcsolja a gépet, feldolgozásra küldve szét a feladatokat a kisebb számítóberendezésekbe, amelyek mintegy a *segédmunkások* szerepét látják el. Az ilyen működési elvet nevezzük *időosztásos* rendszernek.

A bonyolultabb feladatokat a nagy gép végzi el. A közvetlen hozzáférhetőség korlátozott: csak néhányan kapnak rá módot a komplementer pultok révén, amelyek magasabb rangúak lévén, a *diszpécser* tevékenységét le is állíthatják. Általában a nagy gép olyan feladatokat old meg, amelyeket a többi elektronikus géptől nem kap meg.

A nagy géphez csatolnak egy ultrasebességű számítóberendezést, azaz egy *számelnyelőt*. Annak — kivételes sebességgel rendelkezve — meg kell birkóznia a legbonyolultabb számításokkal is. Mintegy *rabszolgája* lesz a központi gépnek, s nagy mennyiségű durva számítási munkát végez el számára.

Íme, itt van tehát az intellektusfokozat! Nem kell mindjárt nagy elektronikus kalapácsot használni ahhoz, hogy egy szerény diákfeladat mogyoróját feltörjük.

Önök azt gondolják, hogy ezzel be is fejeződik az automaták automatizálása? Csupán most kezdődik.

SZK: rövidítve a számítóközpontot nevezik így.

... Egy gépkocsi nagy sebességgel száguld át a Dimitrov utcán, és forgalmas térre ér. A várakozás türelmetlen perce a villanyrendőrnél, majd a Lenin sugárúton törtetünk. Valahol a középtájon lefordulunk a Vavilov utcára, és megállunk egy magas vaskerítésnél. A kerítés mögött egyszerű, komor architektúrájú, kis, háromemeletes épületek. Ezek egyikében helyezték el a Szovjet Tudományos Akadémia Számítóközpontját.

Voltam a Moszkvai Egyetem Számítóközpontjában is, a Szovjetunió Tervhivatalának Számítóközpontjában is, s a Lihacsov Autógyár Számítóközpontjában is, nagyokban és kicsikben, ágazatiakban és centralizáltakban.

Azután leültem az íróasztalhoz, hogy írjak róluk.

Bevallom, nem sikerült teljesen új típusú vállalkozást leírnom, például olyan gyárat, amely átlagos szemszögből tekintve szokatlan nyersanyagot dolgoz fel és átlagos szemszögből tekintve szokatlan terméket bocsát ki, vagyis számokat. (A Számítóközpontot így is nevezik: számgyár.)

Segítség volt számomra *V. I. Loszkutovnak*, a számítógépek és a számítástechnika ismerőjének egyik tudományos könyve. Világossá vált számomra, hogy olvasóimnak nincs szüksége semmiféle általános képre. Mindennél jobban és mindennél világosabban tudják elképzelni a számítóközpontot, ha egyszerűen *Loszkutov* — kimondottan gyakorlatias, de a maga nemében igen érdekes — könyvéből néhány adatot idézek.

De előbb szeretném a figyelmet a következőkre felhívni.

A társadalom gazdasági fejlesztésének mai üteme mellett az idő ugyancsak aranyat ér. Túlságosan sokba kerül a társadalomnak bármilyen időveszteség a tudományos, technikai, népgazdasági feladatok megoldása közben.

Ha a villanymotorokat a modern civilizáció *izomrendszerének* nevezik, akkor a számítógépeket joggal lehet a civilizáció *agyának* hívni.

A tõbbszõr 10 milliós értékû számítórendszerek az ország nemzeti vagyonává válnak, és meghatározzák gazdasági és stratégiai potenciálját.

A hatalmas és nagy értékû gépcsoportok leghatékonyabb kihasználási módja összefügg a számítóközpontok szervezésével, ahol a tudósok és kvalifikált kiszolgáló személyzet óriási erõi vonhatók össze. A számítóközpontok gyorsabban és a legnagyobb hatékonysággal hozzák be azokat az anyagi ráfordításokat, amelyeket a drága és bonyolult üzemeltetésû gépek beszerzésére használnak fel.

A különféle információk (tudományos és mûszaki számítások, tervszámítások, gazdasági jellegû kutatások) automatizált feldolgozását az ágazati rendeltetésre szolgáló számítóközpontok végzik. Az országban ma a számítóközpontok százai találhatók.

Az elsõ csoporthoz tartozik például a Tudományos Akadémia Számítóközpontja, mely korszerû számítógépekkel van felszerelve. Itt a feladatmegoldási módszereket dolgozzák ki, s a tudományos és az alkalmazott jelentõségû feladatok számítási folyamatait vezetik be. Ugyanitt összpontosulnak a számítástechnikai matematika alapkérdéseivel összefüggõ kutatási munkák is. A központ matematikai táblázatokat és nomogramokat állít össze és ad ki.

A második csoportot az Állami Tervbizottság Fõ Számítóközpontja képviseli. Ez a számítóközpont kidolgozza és gyakorlatba veszi a gazdasági feladatok megoldásának matematikai módszereit, végzi a népgazdaság konkrét tervezési számításait s a gazdasági kutatásokat.

A központok harmadik csoportja automatizálja a számviteli-statisztikai munkákat, és gépesíti az adminisztratív irányító munkát.

A hatalmas számítógépeket a jól szervezett számítóközpontokban, átlagosan napi 18—20 órás hasznos munkaidõben, 3 mûszakban használják ki. Hetenként 1 napot a tervszerû megelõzõ karbantartásra fordítanak (12—15 órás idõtartammal). A számítógépek alapráfordítási értéke, gazdaságos kihasználás ese-

tén, 3—4 hónap alatt térül meg. Nagyobb gép technikai kihasználására fordított kiadások évi 120—130 ezer rubelt tesznek ki.

Ehhez hozzá kell tenni, hogy a számítóközpontot még egy olyan fantasztikus hivatal sem tudná helyettesíteni, amelynek 100 ezer számviteli dolgozója van. A számítógép ugyanis a legideálisabb kalkulátor munkaerőnél is 100 ezerszer gyorsabban dolgozik. Ha például azelőtt a számítás a kalkulátorok 1 éves munkáját vette igénybe, s a tervezőirodák többsége számára elfogadhatatlan volt, ma a könnyűnél is könnyebb feladat. A matematikusok ma már olyan feladatot is egyszerűnek tekintenek, amely az emberektől 100 évi munkát követelne a régi módon. Ezt a munkát egy nagy műveleti sebességű elektronikus gép mindössze egyetlen nap alatt végzi el. 1 nap 100 év helyett: ez a legjobb jellemzés egy számítóközpontról.

Az utóbbi időben új irányzat jelentkezett a számítógépek és a számítóközpontok kihasználására vonatkozóan: a közös felhasználású rendszerekben való egyesítésükre irányuló tendencia, röviden a KFR. 1963-tól 1969-ig számuk valamennyi országban néhány 100-ra nőtt, és a gyors növekedés folytatódik.

A Szovjetunióban a 9. ötéves tervben több mint 2000 számítóközpontot létesítenek. Idővel sajátos „*elektronikus ökölle*" egyesítik őket, azaz a számítóközpontok egységes állami hálózatává.

Hogyan működik egy ilyen rendszer?

A vállalatoknál, a gyárakban és az üzemekben létrehozzák az automatizált irányítási rendszert, az AIR-t. Azok az ágazati minisztériumok és hatóságok automatikus irányítási rendszeréhez kapcsolódnak. A hatósági AIR-ok együttműködnek az ISZK-val, azaz a Tervhivatal Információs Számítóközpontjával.

Az AIR-ok és ISZK-k egységes *elektronikus gyűrűvé* való egyesítése, az összes hatósági rendszerek — hozzácsatolva a vállalati automatizált irányítási rendszereket — állami automatizált irányítási rendszerét alkotja. Egyidejűleg a területi információs központok komplex rendszerét is képezi.

Természetesen egy ilyen bonyolult irányító szerv nem működ-

het a gépek híradástechnikai eszközökkel való tényleges összekapcsolása nélkül. A telefonnal, a távíróval, a rádióval, a televízióval egy egységes információérzékelő, -átvivő, -megőrző és -feldolgozó rendszerré válik. Statisztikai, technológiai, gazdasági, adminisztrációs és egyéb forrásai egy hatalmas mederbe folynak össze, amely állami viszonylatban kitölti az *automatizált információs bankokat* is.

Valamennyi állandóan működő rendszer lesz, amelyekhez bármelyik megrendelő bármikor, bármilyen elszámolással fordulhat. Ily módon nem egyszerűen egy számítóközpont van előttünk, hanem egy közszolgáltatási rendeltetésű számítóközpont. Ugyanúgy felhasználható, mint ahogy a vizet, a gázt, az elektromosságot, a telefont használjuk fel. A számítógépekhez, a gigantikus memóriákhoz, az információs és számítóközpontokhoz a hozzáférés szabad lesz, közvetítők nélküli, időtől és távolságtól független.

Már épül is ilyen rendszer. Az SZKP XXIV. kongresszusának irányelvei a 9. ötéves tervvel kapcsolatosan az ágazati, területi szervek, egyesülések, vállalatok tervezési és irányítási automatizált rendszereinek létrehozásával és meghonosításával kapcsolatos munkák kifejtését irányozzák elő, figyelembe véve, hogy a népgazdasági számvetéshez, tervezéshez és irányításhoz a számítóközpontok állami hálózatának az információvétel és -feldolgozás összállami automatizált rendszerét kell megteremteni az ország egységes automatizált hírközlő hálózatának bázisán. Emellett kezdettől fogva biztosítani kell e rendszer szervezési, módszerbeli és műszaki egységessége elvének bevezetését.

Rajta, számoljunk!

Egyszer az egyik számítóközpont igazgatói irodájában különböző szaktudósok és matematikus számítástechnikusok gyűlnek össze. A falakat óriási, több emeletes formulák, grafikonok, vázlatok rajzlapjai borítják.

Mindannyian figyelmesen hallgatják annak az új, rakétarendszerű repülőgép tervének bejelentését, amely végrehajtja a leszállás nélküli repülést a Föld körül.

A repülőgép *n* kilométer magasságba emelkedik, és 1 óra alatt *v* kilométernél nagyobb sebességet ér el, majd siklórepülést végez, miután kikapcsolta a hajtóművét. A felszállástól mindösszesze néhány óra telik csak el, míg a rakétaplán, körülrepülve a Földet, visszatér starthelyére.

Ahhoz, hogy egy rakétarendszerű repülőszerkezetet megépítsünk és röppályájának útját kiszámítsuk, sok matematikai feladatot kell megoldani, ehhez pedig igen sok és munkaigényes számítást kell elvégezni. Az adatok sokaságára van szükség: ki kell számítani a repülés különböző körülményeire vonatkozó üzemanyagkészletet, az emelkedési magasságot, a haladási sebességet, az egyéb adatokat már nem is említve, amelyek nem annyira fontosak, de amelyek nélkül a rakétaplán nem bocsátható még próbarepülésre sem.

Akaratlanul vetődik fel egy kérdés: mi okozza a számítások bonyolultságát?

A tervezők gondolkodás nélkül azt mondják, hogy a nagy magasságok és sebesség esetén olyan tényezőket kell figyelembe vennünk, amelyek a troposzférában való repülésnél nem érvényesülnek.

50—60 kilométer magasságban számolni kell a nehézségi gyorsulás változásával; 10—15 ezer kilométer feletti távrepülések navigációs számításainak elvégzésekor figyelembe kell venni a Föld forgását. Állandóan emlékezni kell arra, hogy a sztratoszférában repülő rakétaplán majdnem elveszti irányíthatóságát, leszálláskor pedig kevés idő áll majd a pilóta rendelkezésére ahhoz, hogy a megfelelő leszállóhelyet kiválassza.

Ha egyszerűbb egyenletekkel számítjuk ki a röppályát, és nem vesszük figyelembe az elmondottakat, akkor a repüléseket gyakorlatilag nem szabad végrehajtani...

Itt aligha merül fel olyan helyzet, mint amilyenbe *Jules Verne* regényhősei kerültek: ismeretes, hogy ők számítási hiba foly-

tán nem jutnak el a Holdra. A transzkontinentális repülőgép nem bolygóközi rakéta, de egy számításbeli leegyszerűsítés annál kellemetlenebb következményekhez vezethet a Földön. Hogy ezeket elkerüljük, feltétlenül el kell végezni a számítások óriási tömegét.

Ellenőrizni kell a hajtómű, a gépkonstrukció és a berendezés számadatait. Tapasztalt kalkulátorok automata számológépeken ezeket a számításokat néhány év alatt végeznék el. És még menynyi időt köt le az előkészületi munka, a vizsgálat és az ellenőrzés...

Meg kell tervezni, hogy milyen osztályokra és mit küldünk el kiszámítás céljából, helyesen kell megállapítani a számítási pontosság követelményeit, meg kell határozni az egyes munkafázisok időpontjait. A terjedelmes számításoknál igen fontos a számítási folyamatok közötti kapcsolat biztosítása és az eredmény ellenőrzése.

... Járjuk a *számgyár* műhelyeit. Itt van a billentyűs számítógépek osztálya, amely nagyon emlékeztet a nagy gépíróirodákhoz. A speciálisan alkalmazott asztalkákon állnak a számológépek. Külsőleg az írógépekre hasonlítanak.

A különböző színű billentyűkön ügyesen futkosnak a kezelő ujjai. Kiválasztja a számokat: az összeadandókat vagy a szorzandókat, az osztandót vagy az osztót. Egyik vagy másik billentyűt lenyomva, a kezelő a gépet a matematikai művelet automatikus elvégzésére készteti. Az aritmetikai gépek majdnem zajtalanul működnek, gyorsan adogatva ki az eredményeket. Az operátor leírja őket egy blankettára, majd ujjai ismét a gép billentyűzetén nyugszanak.

A számítóközpontban a billentyűs rendszerű gépek osztálya egy vállalati előkészítő műhelyhez hasonlít. Ha nem is a fő, de nagyon fontos osztály, munkájától függ a számítógépen végzett számítások végeredménye.

Itt a matematikusok, akik előkészítik a tömeges számítások végzését célzó folyamatokat, előmunkát végeznek. Ellenőrzik a technológiai folyamat különböző fázisait, a számítások pontos-

ságí követelményét, mintegy nyugtázva az egyenletektől és formuláktól a számtáblázatokig vezető hosszú utat.

Csak ezután kezdődik a *számgyár* alapműhelyeiben — osztályain — levő hatalmas számítógépeken a *számok folyamatos termelése.*

A lyukkártyagépek osztályán a motorok zúgása egyenletes, relék százai kattognak, s a kopogás olyan ritmusú, mintha szövőgépek dolgoznának itt. A széles terem teljes hosszában a nagy és kis gépek több sora áll. Szerkezetüket sötét, matt borítólemezek alá rejtették.

A papírtekercsekkel telt tengelyek forognak. Egyenletes, hosszú sorokban terülnek végig rajtuk a számsorok: minden fél másodperc után jelenik meg egy új sor.

A gépek körül fehér köpenyes kezelők járkálnak, 5—6 perces időközökben helyezik be a gépek adagolóiba a lyuggatott papírkártyacsomagokat, amelyek csodálatos mintákat ábrázolnak.

A gépek hatalmas sebességgel nyelik el a kártyákat, majd egy speciális berendezés letapogatja rajtuk a lyukakat.

A gépek nyelvén a meghatározott helyre ütött lyukak számokat jelölnek.

A kártyákat jel szerint osztályozzák: megszámolják a mennyiséget, s mechanikusan ráviszik a tekercsre, kész eredmény formájában.

A számítóközpont fő műhelyében nagy műveleti sebességű számítógép áll.

A terembe lépve, ahol ezt a matematikai robotot elhelyezték, valami szokatlant várunk, a képzeletet elbűvölő aritmetikai óriással való találkozást, egész számgyárat! És a sértődöttségig meglepődünk a hétköznapi kép láttán: ott állnak a hosszú szekrények s az unalmasan ismétlődő pultsorok.

Végighaladunk a pultok mentén a terem végébe. Lehet, hogy egészen más berendezéseket látunk? Nem, a teremben az egyhangúság az úr. És méghozzá a közismert és széles körben alkalmazott készülékekből van összeállítva. Újfajta és bonyolult egymással való összefonódásuk tette lehetővé azonban, hogy lét-

rehozzanak olyan csodálatos gépet, amely új sajátosságokkal rendelkezik.

Ha a rádiókészülékekben 10 alkatrész olyannyira fölerősíti a vételt, hogy az egész világot hallhatjuk, s a televíziós készülék 15—20 elektronikus egysége és elektronsugárcsöve úgy kiélezi látásunkat, hogy látjuk az 1000 kilométeren túl lejátszódó dolgokat is, akkor mit képes megtenni az az elektronikus csoda, amely előttünk áll?

A tudomány bulldózerei

A tudományban ma egy pontos határvonal vehető ki: a *gép előtti* és a *gép utáni* korszak. E *vízválasztót* követték a számítógépek. Tekintélyesen megnövelték a tudós munkájának hatékonyságát, olyannyira, hogy a megismerés sok területén soha nem látott minőségi ugrás következett be.

Más érdekesség az, amit a tudósok maguk vettek észre: a tudományos munka automatizálásának általános folyamata.

1958-ban *V. M. Gluskov* akadémikust felkérték opponensnek egy felsőfokú algebrai tárgyú doktori disszertáció megvédéséhez. *Gluskov* munkához látott, majd szó szerint a fejéhez kapott: minden egyes azonosság bizonyításának ellenőrzése legkevesebb fél órát igényelt.

Végeredményben — az időt illetően — újraírhatta volna az idegen disszertációt. És akkor mentő gondolata támadt: segítségül kell hívni a számítógépet. A gép néhány óra leforgása alatt elvégezte azt a munkát, amire a tudósnak több hónapot kellett volna fordítania.

Ez volt az effajta első kísérletek egyike. Ma minden egyes tudós ismeri a tudományos munka automatizálásának előnyeit.

Hogy az új nehézrészecskék — az X-hiperonok — keletkezését leírhassák, a magreakciók nyomainak 102 000 fényképfelvételét kellett tanulmányozni. Próbálják meg hasonló kísérletek eredményeit automata (számítógép) nélkül feldolgozni! És a

meteorológiai adatok rendszerezése? 24 óránként a számítógépek majdnem egymilliárdnyi információs egységet dolgoznak fel, amelyek a meteorológiai műholdakról érkeznek.

És magukat a gépeket is, melyeken a tudományos vizsgálatok és kísérletek zajlanak le, az automatika nélkül nehéz irányítani. Az atomgépezet — óriás gyorsítóberendezés — a legnagyobb műszaki építmény. A monumentalitás a legnagyobb pontossággá párosul benne. A gyorsított részecskék pályakorrekciós kibernetikai rendszerének alkalmazása lehetővé tette, hogy a pontossággal járó költségeket erőteljesen csökkentsék.

A berendezést bonyolult rádióelektronikai, elektrotechnikai, vákuumos és egyéb szerkezetekkel látták el. E kibernetikai gépóriásban a gyorsított részecskenyaláb intenzitása egy automatikus szabályozó rendszer ellenőrzése alatt áll.

A számítógép üzem közben minden alapvető jellemzőt az optimális értéken tart. Ez egy kibernetikai gyorsítóberendezés, s magát a kísérletet kibernetikai kísérletnek lehet nevezni.

A mai kísérletező tudós, ha nem rendelkezik számítógéppel, olyan, mint a vadász puska nélkül. Mint ahogy a tudomány nem létezhet a matematika nélkül, ugyanúgy valódi kísérlet ma nem valósítható meg software nélkül, hiszen a kísérleti adatok kiértékelése sokszor terjedelmes számításokkal jár. A tudomány némely ágazata számára pedig a számítógép — ahogy a szovjet Tudományos Akadémia Számítóközpontjának igazgatója, *A. Dorodnyicin* akadémikus mondja — az egyetlen kutatási eszköz.

Az űrrepülésben ismerni kell a hangsebességet 20—30-szorosan meghaladó sebességekkel összefüggő jelenségeket. Ilyen sebességek mellett a levegő felhevül. Olyannyira, hogy kémiai reakciók jönnek létre benne, az oxigén- és nitrogénmolekulák szétesnek atomjaikra, és nitrogén-oxidot alkotnak. Ehhez a levegőnek a rakétát borító anyaggal kapcsolatos kémiai kölcsönhatása is hozzájárul.

Jó lenne, ha mielőtt egy kozmikus repülést megkezdenek, kísérletileg ezt ellenőriznék, illetve megteremtenék a repülés földi, kicsinyített modelljét. De olyan modellt alkotni, amely meg-

felel az űrrepülés minden körülményének, lehetetlen. Itt egyetlen lehetőség létezik: a pontos matematikai számítás. E számítások pedig oly bonyolultak, hogy csak a nagy műveleti sebességű számítógépek tudják őket megoldani.

Jelentős magreakciók csak akkor jönnek létre, ha a reagáló anyag tömege kritikus nagyságokat ér el. E reakciókhoz nagy mennyiségű atomfűtőanyag szükséges. A kísérlet természetes méretekben annyi eszközt és időt igényel, hogy tényleges elvégzése lehetetlen. Tehát ismét csak a számításra, a számítógépekre van szükség.

A jelenkori fizikában és mechanikában előfordul, hogy *robbanásszerű* folyamatokat kell vizsgálni, amikor egy közeg tulajdonságaiban hirtelen változások mennek végbe. Például, amikor hirtelen megváltozik a közeg állapota és mozgási paraméterei: lökésszerű, detonációs hullámok keletkeznek, amelyekben a sebesség, a hőmérséklet ugrásszerűen változik.

A *gép előtti* korszakban féltek hozzányúlni az ilyen problémákhoz. Ma már azonban kidolgozták a hasonló feladatok megoldási módjait. A *robbanások automatikusan* tűnnek elő, bár előre sem a helyük, sem a jelentkezésük ideje nem ismeretes. Ahogy a matematikusok mondják, e módszereknek lehetővé kell tenniük a tömeges számításoknak egységes számítási séma alapján való elvégzését, attól függetlenül, hogy szakadásos- vagy folytonos-e a megoldás, szakadásosak- vagy folytonosak-e a fizikai közeg tulajdonságai, melyben a folyamat lezajlik.

Az *elektronikus agy* a tudomány univerzális automatája. A papírszalagok garmadáján, amit a gép bocsát ki, távoli, az intergalaktikus káoszban kallódó csillagok rádiósugárzása fejthető meg; kirajzolódnak a hangsebesség feletti repülőgép szárnyának körvonalai, leírhatók jövőbeli, ma még ismeretlen kémiai reakciók, körvonalazható a hettiták nyelvének megfejtése. A matematika malomkövei mindent megőrölnek, csak legyen pontos a módszer, és szigorúan kiírt a program.

Valóban *a matematika malomkövei mindent megőrölnek*, de nem árt, ha egy éles elméjű angol tudós megjegyzését is felidézzük:

— Ha Önök homokot fúvatnak be a számítógépbe, ne várják, hogy helyébe bifszteket kapjanak!

A munka most a tudományos kísérletnek egy sajátos *ember-gép* komplexummá való átalakítása érdekében folyik, az ember természetes intellektuális képességeinek a gépek mesterséges intellektuális lehetőségeivel való egyesítéséért. Ez azonban a kutatás tárgya és a tudósok között fontos módszertani, sőt filozófiai problémákat vet fel. De mit ér bárki is a tudósok közül, ha — saját gondolkodási üteme szerint — nem képes a gép használatára? Ettől sokban függ ma egy tudós munkájának hatékonysága.

Sokan azonban még a régi módon tevékenykednek. Többen azt gondolják, hogy a számítógép csak egy újabb eszköz, valamilyen új berendezés, s nem pedig a fizikai és egyéb jelenségek vizsgálatára szolgáló olyan újdonság, amely elvileg, minőségileg változtatja meg a munkát, olyan fegyver, amely forradalmasítja a kutatást, a kísérletezést, s még magát a gondolkodást is.

Minél gyorsabban forognak a számítógép őrlőkövei, annál több adatot dolgoz fel, annál nagyobb terekről kell biztosítani a termést a cséplőgéphez.

Elmúltak azok az idők, amikor a felfedezések a felszínen hevertek, amikor azokat a technika segítsége nélkül érték el. Ma nem fordulnak elő *őstehetségek* a tudományos felfedezéseknél. Hogy ilyeneket találjunk, az aranykőzet hegyeit kellene átrostálnunk. Éjjel-nappal dolgoznak a tudomány bulldózerei, a számítógépek. A tudományos kutatást — látszólag ellentmondásosan — megkönnyítették annak bonyolultá tételével. Könnyebbé lett a keresés, de nehezebbé a találás.

Utolsó epizód a robotok életéből

A *General Motors Company* tudományos-kísérleti laboratóriumában (Chicagóban) az egyik elektronikus robot teljesen megmagyarázhatatlan ok miatt elkezdett szeszélyeskedni. Hol be-

kapcsolt, hol leállt, s rengeteg hibát vétett. Miután kijavították és ellenőrizték, a gép továbbra is szeszélyeskedett. A robot egy héten keresztül mindenkinek borsot tört az orra alá.

Ahogy az gyakran megesik, itt is a véletlen segített. Észrevették, hogy a robot akkor bolondozik, amikor az agyik csinos titkárnő elmegy mellette. Szerelmes lett a robot? Na, ez már túl sok! Szerelmes lett vagy sem, de teljesen a titkárnő hatalmába került. Végül kiderült, hogy a festék, amivel a lány az arcát színezte, zavarta a robot fotoérzékelőjét.

Sok szokatlan esetet ismerünk a robotok életéből. Hogy a robotokat ne tévesszék össze a különféle egyéb mechanikai játékokkal — az androidokkal, az automatababákkal, az óraszerkezetekkel — , tisztázzuk, hogy a *robot* terminust első alkalommal *Karel Capek* cseh író használta. Azóta nevezik robotnak azokat a modelleket és automatákat, amelyek külsőre az emberhez hasonlók, különösen, ha azok hasznos munkát is végeznek.

A robotnak, ahogy az embernek is, megvan a története. A legősibb robotokhoz egy embermodell tartozik, amit a hagyomány szerint *Ptolomaiosz Philadelphosz* épített. A robot szerkezete azonban ismeretlen maradt.

Egy másik robot, *Albertus Magnus* „vasembere", tartósan bekerült a történelembe, és több mint 700 esztendeje vándorol a különböző könyvek lapjain. E neves német filozófus és alkimista 30 éven át építgette. Amikor elkészült, portást csinált belőle.

A *vasember* további sorsáról különféleképpen szólnak a legendák. Állítólag még néhány szó kimondására is megtanította *Albertus Magnus* a szolgáját. Évek múltán azonban a „szolga" *áthangolódott*, és fecsegővé vált. Ez *Albertus Magnus* egyik tanítványát, *Aquinói Tamást* úgy felingerelte, hogy egy alkalommal kalapácsot ragadott, és szétverte tanítómestere alkotását. Más történetek másként mondják el. *Aquinói Tamás* egyszer meglátogatta tanítómesterét. A ház kiskapuját egy számára ismeretlen szolgálóleány nyitotta ki. A nyomában haladva, *Tamás* felfigyelt a szolgáló különös járására. Az arra kérte őt, várja meg

a gazdáját. A nő hangja, arca és alakja zavarba hozta a vendéget. Hirtelen rádöbbent hogy nem valódi ember áll előtte.

— Gonosz szellem! — kiáltotta, és rémületében egy sulyos bottal verni kezdte a szerkezetet. Mire a zajra *Albertus Magnus* beszaladt, a szolgálólányból már csak csavarok és fogaskerekek maradtak. E csodálatos gép rajzai, számításai és leírásai nem maradtak fenn, és ezért félig-meddig e robotot is kitalálásnak tartjuk.

Sokféle *mechanikus ember* létezett: flótások, dobosok, táncosnők, sőt még borbélyok, festők, kifliárusok, írnokok is. Alkotóik nagy művészetéről beszél az egyik ilyen eset: a neves francia mechanikus, *Jacques Bocanson* szövőautomatát akart építeni. A lyoni takácsok erről tudomást szereztek, s elhatározták, hogy elverik a feltalálót. Akkor *Bocanson* a takácsok kigúnyolására olyan szamarat épített, amelyik szövőgépen szőtt.

Az automatákkal, az ember mechanikai hasonmásaival kapcsolatos érdeklődés a 19. század elején véget ért. E mesterséges alkotások nemcsak mulatságosak és szórakoztatók voltak, hanem bizonyos mértékben az automatika alapjait is lerakták.

Régen nem zenélnek már a mechanikus flótások. Királyok palotáinak és kastélyainak zajos, parádés termeiből a *mechanikus emberek* átkerültek a csendes múzeumi termekbe.

Új idők új eszméket hoztak. Az elektromos emberekét.

Például *Mister Televox* is közéjük tartozik. Külseje nem túlságosan vonzó. Szögletes, esetlen, a szemét, száját és az orrát csak úgy rajzolták meg. Nyitott törzsében a vezetékek bonyolult szövevénye, s a legkülönfélébb relék láthatók. *Televox* azzal a képességgel rendelkezik, hogy megért és végrehajt néhány olyan utasítást, amit sípjellel adnak. Bekapcsolja a porszívót és a ventillátort, felgyújtja a villanyt a szobában, kinyitja az ablakot, és bezárja az ajtót.

— Az én robotom, ha ledobjuk a burkolatát — mesélte *Vansley*, a feltaláló mérnök — , olyan mint egy automata telefonközpont, amelyben több villanymotort összeépítettek. Ezek a motorok hajtják végre *Televox* minden tettét.

Később *Televox* belsejébe egy kis szalagdarabot helyeztek néhány mondatnyi felirattal. Utasításra automatikusan kigyulladt belsejében egy égő, elkezdett forogni az egyik villanymotor, s a hangszóró közölte a néhány mondatot.

Richards angol mérnök *Eric* nevű robotja külsőleg lovagi páncélba öltözött emberre hasonlított. Parancsra fel tudott állni. Olyankor fénylettek a szemei, és a szájában kis zöld lámpák gyúltak ki. *Eric* egyszerű kérdésekre válaszolt: hány óra? milyen nap van? hányadik hónap?

Napvilágot látott *Alfa*, egy óriásrobot is, *Harry May* londoni fizikaprofesszor kedvenc alkotása. *Alfa* súlyos volt, két tonnányi. Az egyik könyvben a harmincas években így írtak róla: „A feje cilinder formájú; a szemeit különös szemüveg takarja: két, rengeteg lyukkal áttört kerek fémlemez. Egyenes római orra van és összeszorított hatalmas szája. A fej két oldalán két elálló fül meredezik a beléjük helyezett mikrofonokkal. Tagolt kezei, s lábujjai vannak. Egy nagy nyíláson át a mellkasában, mint valami véredényrendszer, az elektromos vezetékei látszanak...

E robot fel tudott állni, felemelte és leeresztette a kezét, mozgatta az ujjait, beszélt, fütyült, énekelt. A jobb kezéből revolverrel lőtt, egyetlen pontba szórva a golyókat 20 méternyi távolságra.

A haladás százada nevű 1933-as Chicagói Világkiállításon mutatkozott be egy robotelőadó. A csaknem 4 méter magas óriás maga gombolta ki a mellényét, megmutatta mellét és hasát, melyeknek fala áttetsző volt, majd 20 perces előadást tartott. Ujjaival megmutogatta belső szervei felépítését, és elmagyarázta az emésztés folyamatát.

A *Westinghouse* cég *Willy* nevű robotja szóbeli utasításra járkált, beszélgetett, megkülönböztette a színeket, szivart szívott, sőt kacsingatott a hölgyekre. Az egyik heverőn pedig egy robotasszony üldögélt, kezében lantot tartott, és dalokat adott elő. Repertoárja elérte a 3000 dalt.

Az *elektromos embereknek* az emberhez való hasonlatossága csök-

kent a *mechanikus emberekéhez* képest. Az ember cselekvési funkcióit illetően azonban nőtt a hasonlóságuk.

A mai robotok elektronikus alkotások.

A *Selector* nevű robot beszélni tud, a *Contina* pedig lát. A *Rum* járni tud és gesztikulál, kezet szorít, kérdésre válaszol, elmondja az önéletrajzát, és még énekel is. A *CSTSZ* jár, forgolódik, kezét mozgatja, könyékben behajlítja, ujjaival megfogja a tárgyakat, lát, méghozzá mindkét szemével külön-külön. A *Tinker* nevű robot 180 mozdulatot ismer; sok a gondja, köztük a gazdája autójának tisztítása és gyermekeinek sétáltatása. A *GPTU* robotnak még olyan érzékszervei is vannak, amelyek az embernek nincsenek. Nemcsak látja a fényt, hallja a hangot, érzékeli a meleget, észleli az útjába kerülő akadályokat és ügyesen kikerüli őket, hanem érzi a rádióaktivitást is. A veszélyes zónától néhány méterre hanggal, beszéddel és fényjelekkel ad figyelmeztetést a rádióaktív sugárzásról.

Egy szovjet univerzális robot, mely az Oszakai Világkiállításon megérdemelt elismerésben részesült, jár, mozgatja a kezét és a fejét, zenére táncol, rádió útján kapott 27 utasítást teljesít, lát, érti az emberi beszédet, és feladatokat old meg egy számítógép segítségével. És még sok minden mást is csinál, egész fejezetet tenne ki hőstetteinek és ténykedéseinek sorozata.

Érdekesek a robotintellektüelek is.

A *FREDERIK* automata nevét néhány szó kezdőbetűjéből alkották. Ezek a szavak lefordítva így hangzanak: „családi automata fogadások, beszélgetések és tanulás céljára, az információkészlet felhasználására és az ismeretek összegzésére."

Egy másik robotautomata látja, leolvassa a rajzokat, megkülönbözteti a tárgyak alakját, meghatározza egymáshoz való helyzetüket, érzékeli e tárgyakat, és adott program alapján elvégzi az alkatrészek összeszerelését. A robotnak *szeme* is van: két tv-kamera; az egyik a rajzokat olvassa, a másik a szükséges alkatrészeket válogatja ki. Van *keze* is: a manipulátora. A manipulátor — forgó *alkarja* és hajlékony, két ujjú kézfejének segítségével — 7

szabadságfokú mozgásra képes. Van *agya* is: egy közepes méretű számítógép.

A robot tevékenységei a rajzok leolvasásával kezdődnek. Ez idő alatt az *agy* kidolgozza a szerelési sémát. Azután a tv-kamera, a második *szem*, áttekinti a részegységeket, és összeveti elhelyezkedésüket a rajz olvasása közben látottakkal. Így elkülöníti a szükséges egységeket. A *robotagy* (a számítógép) az ellenőrzést követően kiadja a jelet a szerelésre, s a *kéz* óvatosan, sorra megfogva az alkatrészeket, a rajz által előírt helyzetben összeállítja őket.

Ez már nem gyerekjáték!

Az *elektromos emberek* autókat, repülőgépeket próbálnak ki, veszélyes iparágak műhelyeiben dolgoznak, tengerek mélyére ereszkednek le kutatómunkára, kozmikus kísérleti berendezésekben szállnak fel, mint a *Lunohod*, az első kozmikus robot.

Segítségükkel élő szervezetek funkcióit és viselkedését modellezik, hogy a legjobb műszaki konstrukciókat és automatákat hozzák létre. De modellezik a biológiai folyamatokat is, hogy e folyamatokat helyesen értelmezhessük és ellenőrizhessük.

A robotok elterjedése csupán most kezdődik. A közeli években ezernyi, tízezernyi lesz a robotok száma. *I. I. Artobolevszkij*, a világ egyik legjelentősebb gépkutató tudósa meg van győződve arról, hogy a közeli belátható jövőben minden kézi műveletet robotok végeznek majd a termelésben. Olyan robotok, amelyeknek tapintó-, látó- és hallószervei vannak, olyan tanulórobotok, amelyek alkalmazkodnak a termelési feladatokhoz; robotok, amelyek bonyolult logikai feladatokat önállóan tudnak megoldani.

A robot három alapösszetevője: emberszerű (antropomorf) mozgások, érzékszervek és az *intellektus*.

A szakemberek szerint nem szükséges, hogy a robotoknak emberi alakjuk legyen.

Természetesen az olyan gép, amely hasonlít az emberre, nagyobb szimpátiát kelt, mint egy más formájú. De valóban, le-

gyen-e a robotnak mindig emberformája? És szükséges-e az emberforma?

A könyvekben kitalált robothősök százairól olvashatunk. Ezek a robotok kozmokrátorokat vezetnek, csillagközi utazásokon vesznek részt, bolygóközpontban utazgatnak, körbejárják a Napot. Ezek a ma álmai a mesterséges emberekről. És a jövő valósága?

... Egy szabadalmi hivatal osztályvezetője a soros látogatóval beszélgetett.

— Mit óhajt szabadalmaztatni?

— Egy robotot.

— Már megint egy! — kiáltott fel dühösen a vezető. — Kedves barátom, Önök, feltalálók, mennyire untatnak engem! Szinte mindennap megjelenik valaki, hogy valamilyen robotot szabadalmaztasson...

— Igen, de én ...

— Ha hiszi, ha nem — folytatta a vezető, meg sem hallgatva a feltalálót — , ebben az évben 269 különféle robotot próbáltam ki. Kicsiket, nagyokat. És mindegyik modell — ismétlem, mindegyik! — szó szerint semminek bizonyult.

— De engedje meg ...

Az osztályvezető azonban nem tudta abbahagyni.

— Természetesen, a robotokkal kapcsolatos elgondolásban, miután az ember szolgáiról és segítőtársairól van szó, van valami vonzó. De az eszmét megvalósítani... Egyébként, ha ebbe a hivatalba bejön olyan feltaláló, aki bemutat egy robotot, amire szükség van, azt a feltalálót én magam rózsa- és babérkoszorúval ékesítem. De mikor lesz ez? Én pedig torkig vagyok a robotokkal. Menjen haza, barátocskám, és adja át üdvözletem a modelljének!

— De én nem a feltaláló vagyok!

— Nem a feltaláló? — csapta össze a kezét a vezető. — Akkor hát kicsoda?

— A robot vagyok — válaszolt a látogató hidegvérrel.

II. fejezet

A SOKOLDALÚ SZAMÍTÓGÉP

A gépek a sakktáblánál

Az utóbbi időben a sakkviták egészen szokatlan jelleget öltenek. Egyesek azt állítják, hogy korszerű, magas szintű sakktudás esetén a játék sajátos jellemharccá alakul át. Mások, ellenkezőleg, azt tartják, hogy a matematikai módszerek és a számítógépek olyannyira átformálták a játékot, hogy az egyszerű számítássá alakult át. A számítógép legyőzi az *élő aritmométert*, olyan partner, amely a sakkjátszma összes létező változatát gyorsan ki tudja számítani. Ez vezet el ahhoz a gondolathoz, hogy a sakkjátékot rövid időn belül *kibernetizálni* lehet. Újra felvetődik a kérdés: *mi is a sakk* — játék, művészet vagy tudomány? És újra összecsapnak a vélemények a sakkjáték kapcsán.

Tíz kérdést tettem fel különböző embereknek. Ismertetem a kérdéseket és a válaszokat.

Első kérdés: Mi a sakk?

Mihail Botvinnik nagymester: Korábban a sakk csupán játék volt. Fokozatosan nagy nyilvánosságot szerzett magának. Számtalan kedvelője megtanulta értékelni szépségét. Megjelentek a nagymesterek is, s akkor a sakk megszűnt csupán játék lenni. Amikor sikerül olyan játszmát lejátszani, amely éveket és évtizedeket is megér, a sakk művészetté válik.

Vaszilij Szmiszlov nagymester: A sakk nem pótolja a tudományt, bár a sakkozói gondolkodást logikája a tudománnyal hozza közelségbe. A sakk emberi jellemek harca.

Második kérdés: Milyennek kell lennie ma egy nagymesternek?

V. Panov nemzetközi sakkmester: A kombináció pontosságát művészieen kell összekapcsolni a helyzet felismerésével. A Kivitelhez pedig eredeti sztratégiai gondolkodás és taktikai bátorság kell.

André Lilienthal nagymester: Univerzalitás nélkül a korszerű sakkjátékban nem lehet magasabb eredményekre számítani.

Harmadik kérdés: Mi új létezik a sakkban?

Dávid Bronstein nagymester: Azelőtt főleg a király ellen játszottak. A harc ma a pontokértf olyik, s az alaptámadás a vezér ellen irányul. Napjainkban nehéz egy eredeti játszmát lejátszani.

Vaszilij Szmiszlov nagymester: Napjainkban, amikor a tudomány hétmérföldes léptekkel halad előre, a tudományos értelem fuvallata nagy erővel ragadta meg a sakkot is.

Negyedik kérdés: Lehet-e automatizálni a sakkjátékot?

Henri Poincaré matematikus: Matematikai sakkelmélet nem létezik, és nem is lehet megteremteni.

A. Sz. Kronrod, a matematikai és fizikai tudományok doktora: A világ élsakkozóinak többségénél a sakktudás alapja a bonyolult variációk gyors kiszámítására való természetes készség. Egy sakkozó másodpercek alatt néhány ezret átgondol közülük. Az én gyakorlatomban fordultak elő olyan kombinációk, ame-

lyok intuitivek voltak, és a szükségesség érzéséből fakadtak. Az ilyen gondolatok ill. ötletekből származó lépések nemigen fogalmozhatók meg pontosan. Így aztán nyitott kérdés, hogyan lehet programozni.

Ötödik kérdés: Hogyan sakkozik a számítógép?

William P. Ashby professzor: Egy számítógép önmagában véve nem rendelkezik metrikus képzetekkel, és ezért szüksége van a sakktábla metodikájának részletes leírására.

E. M. Haag-Jons professzor: A gép a sakkfeladványok megoldásakor lényegesen jobban tudja megvizsgálni a lehetséges változatokat egy adott időszak alatt, mint az ember, de neki valamennyi variációt át kell tekintenie. Az ember pedig mint egységes egészet fogja fel a sakktáblát, és intuitív módon veti el a lehetőségek sokaságát. A gép nem képes megtenni sem ezt, sem azt.

Marvin L. Minsky professzor: Feltétlenül be kell táplálni a gépekbe a heurisztikai módszereket, amelyek lehetővé teszik a figyelmet érdemlő lépések korlátozott számából egyetlen lépés kiválasztását. A legjobb pozíció megleléséneк elsődleges célját pedig bizonyos mértékig sajátosabb részcéllal lehet helyettesíteni. A legperspektivikusabbak azok a sakkprogramok, amelyek csupán néhány száz lehetséges állást vizsgálnak, és a kiválasztott lépések eléggé pontos elemzését végzik el.

Hatodik kérdés: Hogyan játszott a gép az emberrel? Van-e feljegyzés akár csak egyetlen játszmáról is?

V. Panov nemzetközi sakkmester: Az egyik sakkjátszmában, amit egy számítógép és egy ember játszott le, őszintén szólva, elítél-

tük a gépet azért, mert megbocsáthatatlanul *elnézte* a gyalogot a hetedik lépésben, s a huszadiknál elvesztette a játszmát. Bírálva a gépet, megfeledkezünk azonban arról, hogy egy automata akár csak időleges ellenállásának a puszta ténye is a teremtő agy megrázó diadala az emberi intellektussal szemben.

Ime, itt van egy játszma, amit egy gép (világos) egy emberrel (sötét) játszott:

1. e4 e5 *2*. Hc3 Hf6 *3*. d4 Fb4 *4*. Hf3 d6 *5*. Fd2 Hc6 *6*. d5 Hd4 *7*. h4 Fg4 *8*. a4 H :f3+ *9*. gf Fh5 *10*. Fb5+c6 *11*. dc 0-0 *12*. cb Bb8 *13*. Fa6 Va5 *14*. Ve2 Hd7 *15*. Bg1 Hc5 *16*. Bg5 Fg6 *17*. Fb5 H : b7 *18*. 0-0-0 Hc5 *19*. Fc6 Bfc8 *20*. Fd5 F : c3 *21*. F : c3 V : a4 *22*. Kd2 Hc6 *23*. Bg4 Hd4 *24*. Vd3 Hb5 *25*. Fb3 Va6 *26*. Fc4 Fh5 *27*. Bg3 Va4 *28*. F : b5 V : b5 *29*. V : d6 Bd8.

Ez pedig a történelemben az első sakkjátszma, amit egy számítógép és egy nagymester (Bronstein) játszott (királycsel):

1. c4 e5 *2*. f4 ef *3*. Hf3 Hf6 *4*. e5 Hg4c5Hg4 *5*. d4g5 *6*. Hc3 He3 *7*. Ve2 H : f1 *8*. He4 He3 *9*. Hf6+Ke6 *10*. Fd2 H : c2+ *11*. Kf2 H : a1 *12*. Hd5+Kc6 *13*. Vc4b5 *14*. H : g5+V : g5 *15*. H : c7+Ke7 *16*. Hd5+ Ke6 *17*. H : f4+Ke7 *18*. Hd5+Ke8 *19*. V : c8+Vd8 *20*. Hc7+Ke7 *21*. Fd4+d6 *22*. c : d6+V : d6 *23*. Ve8X.

Dávid Bronstein nagymester: A megnyitást a legújabb sakkelmélet és a fiatal programozók ajánlatai alapján határolták be. A küzdelem a 13. lépés — Vc4b5 — pillanatában érte el csúcspontját. Sötétnek nagyon nem tetszett a világos vezér lépése, s oly sokáig fontolgatta a választ, hogy észrevétlenül időzavarba került. A fő döntnök — egyben a fő programozó is — el akarta halasztani a találkozót, de tiltakozást nyújtottam be: tartottam a házi elemzéstől.

— Engedjen meg egy percecskét, csupán egy percet! Tíz lépésen belül mattja van! A 14. lépésben K: g5+-t játszom.

— Ne siessen, nagymester, jegyezze ezt a lépést, s borítékolja. Mindent a FIDE szabályai szerint kell csinálni — mondta a döntnök.

Másnap reggel a telefon pontosan 7 óra 30-kor megszólalt.

— Üdvözlöm Önt győzelme alkalmából — mondta egy vékony elektronikus hang, majd hozzátette: — Ennek ellenére Önt vezér nélkül is legyőzöm, bármikor. Visszatérhet az élő sakkjához. És ne feledje, hogy köztünk az eredmény döntetlen: 1 : 1.

Hetedik kérdés: Mit szólnak a sakkozók a gépi játékhoz?

L. Samkovics nagymester: Megteremtik-e majd az elektronikus nagymestert? Egyesek hisznek ezen ötlet realitásában, mások nem, és vannak, akik mérsékelt nézeteket vallanak. *Elkészül* — mondják — , *ha nem is egy nagymester, hanem egy első osztályú elektronikus bajnok*. Természetesen, ez nem hangzik valami hatásosan.

Dr. Max Euwe nagymester: Nyugat-Európában sokan foglalkoznak az elektronikus nagymester megalkotásával. Magam is részt veszek számítógépek készítésében, azok gyakorlati alkalmazásában és tudományos megalapozásában. Nem hiszek azonban a nagymester megteremtésében, végső fokon egy gépet csak nagyon középszerűen lehet a sakkjátékra megtanítani.

Dávid Bronstein nagymester: Az elektronikus sakkozókról szóló cikkeket és játszmákat tanulmányozva arra a gondolatra jutottam, hogy a sakkozó emberek a táblánál kissé másképpen gondolkoznak, mint ahogy azt a tudósok elképzelik, s hogy igazán senki sem figyelte meg az ítéletláncolatot — akár csak egyetlen lépést is kutatva — , nemhogy az egész játszma folyamatát.

Nyolcadik kérdés: Hogyan játszik a gép a géppel?

Mihail Botvinnik nagymester: A két legnagyobb matematikai iskola, a szovjet és az amerikai, majd egy esztendeig tartó kísérletezés után megrendezte a számítógépek történelmileg első nemzetközi sakkmérkőzését. A szovjet gépi programot *G. Adelson-Velszkij*, *V. Arlazarov*, *A. Bitman*, *A. Zsivotovszkij* és *A. Uszkov* matematikusok állították össze. Az amerikai programot a Stanfordi Egyetem matematikusai készítették *J. MacCarthy* professzor irányításával. A négy lejátszott játszma közül kettőben a szovjet program győzött, az egyikben a 19. lépésben, a másikban a 41-ben. A két másik játszmában döntetlenben állapodtak meg. Különösen a harmadik partit kísértem figyelemmel, ahol a moszkvai program meggyőzően verte a kaliforniait. Sőt, ebben az esetben a győztes erejéről túl óvatos megítélést kell adni — az amerikai program szemmel láthatóan igen gyenge volt. Nem vagyok azonban meggyőződve arról, hogy a győztesnek oda lehetne ítélni a másodosztályú szintet. Meg lehet-e jobban tanítani a gépet? Feltétlenül. Várom, hogy létrejöjjön az a program, amely túltesz egy nagymesteren.

A. I. Alihanov akadémikus: A stanfordi matematikusok mindegyik játszmában egy és ugyanazt a programot alkalmazzák. Nálunk pedig az első és második játszmát *viszi* az egyik program, a harmadikat és a negyediket egy másik, véleményünk szerint egy lényegesen erősebb. Ez már arról tanúskodik, hogy egyáltalán nem sportvetélkedőről van szó, hanem a tudományos ötletek összevetéséről. Ami a játék feltételeit illeti, a stanfordi matematikusokkal megegyeztünk, hogy minden játszmát a 40. lépésig folytatunk, s nem tovább. A helyzet az, hogy sem nekünk, sem az amerikaiaknak nem sikerült a sakkvégjáték programozásának igen nehéz és igen fontos problémáit kielégítően megoldani.

Kilencedik kérdés: Képesek-e lejátszani a gépek minden sakkjátszmát?

Richard Schurig matematikus: Az összes létező állás száma, amit a 32 figura a sakktáblán elfoglalhat, egy 52 jegyű számmal fejezhető ki: 7 534 686 312 361 225 327$\times 10^{13}$. Így olvasható ki: 7534 oktillió 686 312 szeptillió 361 225 szektillió 327 000 quintillió.

A. Charnota sakkteoretikus: A sakkjátékban csupán az első tíz lépésnél 1 695 188 229 100 544$\times 10^{12}$ változat létezik. Hogy ennyi lépést tegyünk, az emberiségnek 217 milliárd éven keresztül szüntelenül mozgatnia kellene a figurákat.

M. Krájnyik matematikus: A sakkjátszmák lehetséges változatainak átlagos száma egyenlő $2 \cdot 10^{116}$-nal. Ez mérhetetlenül több, mint az elektronok száma a világegyetemben. Ha az egész földkerekség lakossága megállás nélkül sakkozna, másodpercenként egyetlen húzást téve, akkor nem kevesebb, mint 10^{100} évszázad kellene ahhoz, hogy a sakkjátszmák összes változatait lejátsszák.

William P. Ashby professzor: A sakkjáték esetében a változatok száma akkora, hogy sem az agy, sem a számítógép nem tudja, s nem is lesz képes rá, hogy az összes változatot átvizsgálja, nem hogy egyetlen emberöltő alatt, de még az emberiség létezése alatt sem. Egy olyan gép megépítéséhez pedig, amelyik ezzel a feladattal elfogadható időn belül képes lenne megbirkózni, több naprendszer teljes anyagkészletére lenne szükség. Ebből következik, hogy a sakkjáték kimeríthetetlen.

Tizedik kérdés: Milyen jövő vár a sakkra?

Mihail Botvinnik nagymester: A gépnek felül kell mulnia egy nagymestert, s akkor, bizonyára, kétféle világbajnokság folyik majd: az egyik a nagymesterek között, a másik a gépek között!

V. Gluskov akadémikus: Egy játékos értékeli az állást, de a távlati lehetőségek kiválogatását a gépre bízza. Ezzel a sakktandemmel szemben nem tud akármilyen nagymester helytállni.

Arthur L. Samuel professzor: Nem vitás, hogy a sakkvilágbajnokok vereséget fognak szenvedni a számítógéppel folytatott vetélkedésben. Bármilyen különös azonban, e játék nem szűnik meg sem szórakozásként, sem hivatásos foglalkozásként létezni. Az emberek közti verseny eléggé ritka jelenség lesz majd, azonban szinte mindenki ismerni fogja saját sportolói fokozatát, és arra törekszik, hogy azt fejlessze, eljátszadozva a saját számítógépével.

Norbert Wiener professzor: Barátaim általános véleménye szerint, akik eléggé tapasztalt sakkozók, a sakknak mint érdekes emberi játéknak a napjai meg vannak számlálva. Azt állítják, hogy 10—15 éves idő alatt a sakkozó automaták játékklasszisa eléri a mesteri szintet, akkor pedig — feltéve, hogy az orosz iskola hatékony, de a gépihez hasonló módszerei a sakk létezését oly sokáig lehetővé teszik — megszűnik mint játék általában érdekelni az embereket.

Vaszilij Szmiszlov nagymester: Szerintem a sakknak mint játéknak a reális kipusztulási veszélye nem áll fenn. Mélységes tévedés lenne azt feltételezni, hogy egy mester gondolkodása csupán a kalkulálásban különbözik egy sakkot kedvelő játékától. Hasonló alapon megkísérelni egy automata megépítését, amely képes 20—100 lépésig előre kalkulálni, haszontalanság.

Az oktató gép

Hozzászoktunk már a megállapításhoz, hogy minden évvel nehezebbé válik a tanulás. Ez közhely, de senki nem vitatja. Nehezebb tanulni azért, mert egy tanulónak (a közép- és a fel-

sõ iskolában) az évek múltával egy és ugyanazon idõ alatt egyre nagyobb mennyiségũ ismeretanyagot kell megtanulnia. Sem az óraszám emelése, sem a programbõvítés nem oldja meg a problémát, csupán sajátos, idõleges engedményeket nyújt.

A kérdés tehát, hogyan lehetséges a tanítás hatékonyságát növelni, s hogyan lehet megkönnyíteni és meggyorsítani az ismeretátadást?

Az egyik ismert matematikus, *B. Gnyegyenkó*, a Moszkvai Állami Egyetem professzorának szavai szerint a *programozott oktatás* a haladó nézetek és pedagógiai módszerek jelképévé, s a hagyományos oktatási rendszer megújulásának szimbólumává vált.

Elmondható, hogy korábban nem gondolkodtunk el a tudományos oktatáselmélet problémáján, s nem rendelkeztünk a legújabb kibernetikai eredményeket figyelembe vevõ, tudományosan megalapozott módszerrel. Most hozzáfogtunk a neveléstudomány modernizálásához. Az oktatásmódszertant alkalmazott mesterségből egzakt tudománnyá akarjuk alakítani.

Hogyan oktat a tanár? Mesél a tárgyról, s ellenõrzi, diákjai hogyan sajátították el a témát. Mondanivalójához kiosztja az anyagot, és kérdéseket állít össze. Mindezen kérdések az úgynevezett programorás alárendeltjei, az anyag adagolásának pontos útbaigazításával. Mivel ilyen részletes programmal rendelkezünk, nem nehéz a számítógépeket arra késztetni, hogy szolgáltassák a tanulók számára a feltétlenül szükséges anyagot bármelyik tantárgy elsajátításához, kérdéseket tegyenek fel, és azonnal értékeljék a tanulók válaszát.

Igaz, a programozott oktatás lényege bõvebb: növelni az oktatás hatékonyságát, a tanítási folyamat irányítását mint kibernetikai rendszert tekintve. A programozott oktatás tantárgyprogramot iktat be.

Mit tudunk az oktatási folyamat technológiájáról? Hogyan növelhetõ az oktatási folyamatban a pedagógiai tevékenység produktivitása? Miképpen hat mindez a tanulókra? A Brüsszeli Világkiállításon a mi kiállítási pavilonunk vendégkönyvébe ezt

írták a gyerekek: *Kérjük, építsenek olyan gépet, amely lehetővé teszi, hogy ne kelljen tanulnunk!*

Nem is olyan régen foglalkoznak nálunk a programozott oktatással. És természetes, hogy még számtalan kérdés vár megoldásra.

A számokkal kezdem. A Szovjetunióban már több év óta alkalmazzák a programozott oktatást, 250 intézményben és 200 szaktechnikai intézetben. Az iskolákban több mint 700 speciális osztályt rendeztek be. A technikai eszközök kb. 300 mintapéldánya készült el.

A gépek elnevezései önmagukért beszélnek: *Lektor*, *Konzultáns*, *Repetitor*, *Kontrollőr*, *Egzaminátor*. Vannak univerzális pedagógusgépek is, melyek előadnak, vizsgáztatnak, konzultálnak és ellenőriznek.

Ismerkedjünk meg közelebbről egy elektronikus *házitanítóval*, amely az idegen nyelvek tanulásában segít. A tanuló lenyom egy gombot, s a képernyőn egy szókihagyásos mondat jelenik meg az adott nyelven, amit ki kell egészíteni. Ha a tanuló téved, az automata piros égővel jelez. Ilyenkor azt a gombot kell megnyomni, mely alatt ez a felírás van: *súgás*. Ne csodálkozzanak ezen! A gép valójában nem súg, hanem rávezető kérdéseket tesz fel, és segít felidézni a tanultakat.

Az egyik gép, amelyet egy harkovi intézetben szerkesztettek, sikeresen oktatja a hallgatókat a logarléccel végezhető összes matematikai műveletre.

A növendék megkapja a tételt, amely az elméleti részt, a megoldási mintát és a feladatot tartalmazza. Mihelyt a tanuló megoldja a feladatot, kiválasztja a vezérlőasztalon a témájának és a válaszának a számát. Lenyomja a megfelelő gombot, s a gép egy pillanat múlva válaszol: *helyes* vagy *nem helyes*. Helyes válasz esetén a tanuló újabb tételre tér át. Tételről tételre bonyolultabbá válnak a feladatok. Egyetlen feladat sem oldható meg, ha az előzőket nem dolgozzák ki.

Ha a feladat megoldása helytelen, az asztalon fényjelző szám gyullad ki. Ez a tételszám, ahol az a szabály található, aminek nem tudása miatt a tanuló elkövette a hibát. Több ilyen tétel

megadása után a gép kikapcsol. Mintegy kijelenti, ezzel a tanulóval nem tud együttműködni. Ilyenkor a tanulónak további kiegészítő felkészülésre van szüksége.

A jeleket, amiket a gép és a tanuló vált egymással, a tanár számára központi vezérlőasztalon is rögzítik. Így a tanár követi az oktatás menetét, sőt, ha kell, be is tud avatkozni.

Egyre több elektronikus gépet alkalmaznak oktatás céljából. Az egyedi kísérletezésekről már a gyakorlati alkalmazásukra tértek át. A jövőben pedig — a feltételezésre minden alap megvan — mindenütt bevezetik ezeket a gépeket az oktatási folyamatban.

A tudósok és a pedagógusok olyan oktatókoplexumokat akarnak megépíteni, s olyan oktatási programokat kidolgozni, hogy a tanulók egyéni sajátosságai is figyelembe vehetők legyenek. Az új oktatási módszereket kidolgozzák a sportban, a zenében és a gyógyászatban is.

A süketek és a vakok oktatásához már készül (sőt, már kísérletileg ellenőrzik) a kézzel írt szövegek megírásukkal egy időben való olvastatásának módja.

Már elkészült az emberi módon beszélő és értő gép tervrajza. Ez a gép egyidejűleg több száz tanulót oktathat, később néhány ezret is. Különböző tárgyakat, és mindenkit egyéni program szerint taníthat. A gép elolvassa, amit a tanuló leír, meghallgatja beszédét, vagyis érzékel mindent, amit a tanuló az oktatás folyamatában végez. A gépnek sem vezérlőpultja, sem karjai, sem nyomógombjai nincsenek.

Feltételezik, hogy a jövőben még a lakásokba is eljutnak az elektronikus oktatógépek. Az országos oktatógép-hálózatba kötik be őket, s két-három számítógép egyidejűleg ezreket taníthat. Ez lehetővé teszi az állandóan ellenőrizhető oktatást: osztályszintű feladatoktól kezdve az otthoni felkészítésig. Mindezt még kiegészíti a televíziós oktatóhálózat is.

Gondolnak az oktatásra szolgáló híradástechnikai mesterséges holdak alkalmazására, amelyek majd a rádió- és televízióprogramokat közvetítik a Föld széles körzeteiben.

De mi lesz a tanítóval, az emberrel, aki ma az oktatási folyamat irányítója? Szerepe nem csökken, sőt mérhetetlenül gazdagodik. Hiszen a programozott oktatás nem visz új elveket az oktatáselméletbe. A gép segít a tanítónak, levéve vállairól az ellenőrzés és az anyag bevésésének egyhangú munkáját, s a leggyümölcsözőbb módon segít minden egyes tanulónak az egyéni tanulásban.

A pedagógus, megszabadulva az ismeretszerzés folyamatában a *közvetítő láncszem* szerepétől, eleget tud tenni nevelői feladatának is.

Alkalmazható-e a kibernetika a sportban?

Néhány újság- és folyóiratcikk címét sorolom fel, melyek a kibernetika sportbeli alkalmazásáról szólnak:

A robot tollaslabdát üt, Sport és elektronika, A nagy sport és a kibernetika, Elektronika a stadionban, A robot teniszezik, A stadion elektronikus szíve, MAU kerékpározik, A technikai haladás és a labdarúgás...

Montrealban az *Expo — 67-en* a kanadai pavilonban egy sportrobot álldogált. Az egyik *kezével* baseballt játszott, a másikkal súlyt lökött. Ezenkívül futballozott, jégkorongozott és sakkozott.

Az 1966. évi labdarúgó világbajnokság előtt Londonban különféle tipp járta a győztest illetően. Az angol újságírók — rekordot akarván felállítani a tippelésben — az asztrológiához és a számítógépekhez fordultak. Egy híres jósnő, *Catina* (horoszkópjait rendszeresen közzéteszik az *Evening Newsban* Londonban) kijelentette, hogy a bajnok Argentína lesz, a második helyet pedig a brazilok foglalják majd el.

A *General Electric Company* (USA) egyik számítógépébe az adatok tömegét táplálták be: a korábbi világbajnokságok mérkőzéseredményeit, a szakemberek véleményeit minden egyes csapat múltbeli játékáról, mindegyik találkozó jellegét, vala-

mennyi stadion jellemzőit, és sok-sok egyebet. A gép ezek után tippelt: a negyeddöntőbe jut: Anglia, Franciaország, NSZK, Argentína, Brazília, Portugália, Olaszország és a Szovjetunió. Az elődöntőbe: Anglia, NSZK, Brazília és Olaszország. A döntőben Anglia — Olaszország találkozó lesz. Győz Olaszország, Angliáé a második hely, s Brazíliáé a harmadik.

És a valóságban? A gép nem állt a helyzet magaslatán. A negyeddöntőre vonatkozó tippjében Magyarország helyett Franciaországot nevezte meg, az elődöntővel kapcsolatban kétszer hibázott: A Szovjetunió és Portugália helyett Brazíliát és Olaszországot tippelte; s a döntőben az NSZK helyett Olaszországot jelölte meg. Az elektronikus jós az eredményt sem találta el. Itt az egyes melléfogásai: Anglia helyett Olaszország, az NSZK helyett Anglia, és Portugália helyett Brazília.

Igaz, azért voltak sikeresebb számítógépjóslatok is.

1963-ban, ugyancsak a labdarúgó világbajnokságon, az egyik chilei napilap közölte a számítógép tippjét a Szovjetunió válogatottja és Columbia válogatottja közti mérkőzés kimeneteléről (az utóbbi volt a titkos esélyes). Az újság a tipphez fűzött kommentárjában ezt az elektronikus próbatippelés teljes csődjének nevezte. A gép 4 : 4-es eredményt jósolt, és az eredmény valóban ennyi lett.

Hasonló eset történt a mexikói labdarúgó világbajnokságon is, 1970-ben. A számítógép eldöntetlent tippelt a világbajnokság házigazdái, a mexikói futballisták és a mi csapatunk között. S a számítógép nem tévedett: az eredmény 0 : 0 lett.

A második mérkőzését a szovjet csapat Belgium csapatával játszotta. Ismét feltették a kérdést a gépnek. A válasz 2 : 1 volt a szovjet labdarúgók javára. Még a szovjet gólszerzőket is megnevezte: *Nodia* és *Puzács*.

A selejtező mérkőzésekkel kapcsolatban az emberek és a gép egyetértettek: negyeddöntőbe jut a Szovjetunió, Mexikó, Olaszország, Uruguay, Brazília, Anglia, NSZK és Bulgária. Majdnem eltérés nélkül tippolték meg a negyeddöntős párokat A Szovjet-

unió legyőzi Uruguayt, Olaszország Mexikót, Brazília kiüti Bulgáriát, az NSZK pedig Angliát.

Az elődöntő mérkőzéseivel kapcsolatban a számítógép tippje: a Szovjetunió és Brazília, s az NSZK és Olaszország találkozik. A gép szerint a döntőbe a Szovjetunió és az NSZK jut. Az emberek ellentmondtak. Az első párral kapcsolatban a többség Brazília válogatottjának adott előnyt, a másodikkal megoszlottak a vélemények — mindkét csapat esélyeit egyenlőnek értékelték.

Na, és hogyan is tippelt a számítógép és az ember az *Aranyistennő* sorsát illetően?

A számítógép szerint a *Jules Rimet kupa* a Szovjetunióé, a második hely az NSZK-é, a harmadik Brazíliáé.

A szakemberek szavazattöbbséggel az NSZK-nak adták a kupát. A második helyre tették a Szovjetuniót, s a harmadikra, egyetértve a gép jóslatával, a brazil csapatot.

Az, hogy ki vitte el az *Aranyistennőt*, és hogy alakultak a helyezések a világbajnokságon, közismertek. Csak össze kell hasonlítani a számítógépek előrelátását a tényleges eredménnyel.

Érdekes, hogy miként is lehet olyan bonyolult sporttalálkozók eredményeit megjósolni, ahol sokféle tényező hat az eredményekre, a stadion közönségének lelkesedésétől kezdve az egyik játékos szakadt cipőfűzőjéig, az időjárástól kezdve a kapus önérzetéig.

Most azonban olyan területet kell megismerni, amely a sporttal csak igen távoli kapcsolatban áll. Eltávolodunk a sportproblémáktól, hogy majd visszatérve eligazodjunk bennük. A matematika egyik érdekes részével ismerkedünk — a játékelmélettel.

Az egyik kiváló francia matematikus, *Louis Borel* még századunk elején vállalkozott *A valószínűségelmélet és alkalmazásainak iránya* című, több kötetes munka kiadására. Az utolsó előtti kötetet a *Hazárdjátékok alkalmazása* gondolatkörének szentelte. A tudós ismertette benne a hazárdjátékokkal kap-

csolatos saját, hosszadalmas kutatásainak eredményét (a matematikus nagyon érdeklõdött a hazárdjátékok iránt).

Borel játékelmélete sok eredeti gondolatot tartalmaz. Mindenekelõtt a játékok vizsgálatára korlátozódik, amelyekben a játék menetét a véletlen határozza meg, nem pedig a játékosok. *Borel* megkisérelte olyan játékok matematikai képletbe való foglalását, ahol annak lefolyását a játékosok tudása határozta meg. Sikerült felállítani — ahogy a híres francia fizikus, *Louis de Broglie* mondja — a hipotézisek olyan rendszerét, mely egyrészt a számítási séma megalapozását jelenti, másrészt viszont igen okos modellje mindannak, ami a valóságban történik.

Idõvel sok tudós fejlesztette olyan fokra a játékelméletet, hogy az a hazárdjátékok elméleténél lényegesen tágabbá vált. Az eredményeket a pszichológiában, a harcászatban és a gazdasági életben is alkalmazhatták.

Minden egyes játékban, még a legegyszerûbben is, ellentétes érdekek ütköznek, mindegyik partner az ellenfél hibáit igyekszik kihasználni, a játékot a maga hasznára fordítani és gyõzni.

A játékelmélet lehetõvé teszi, hogy a játékszabályokat pontos matematikai nyelven leírják, olyan összefüggéseket adjanak meg, melyek a játékhelyzeteket értékelik, és megmutatják a helyes utat a gyõzelemhez. Sõt, ez az elmélet teszi lehetõvé, hogy az összecsapásra kiható sokféle tényezõt adott pontosságig figyelembe vegyék, és hogy a játék kimenetelét valamilyen megbízhatósággal megjövendöljék.

1964-ben Monte-Carlóban kitört a vihar. Néhány szerény kinézetû fiatalember érkezett a kaszinóba, és játszani kezdtek. Kijelentették, hogy bármekkora lesz is a tét — megnyerik. A kaszinó tulajdonosa több tízezer frankot számolt le nekik. Egyszer e fiatalemberek egyike akkora összeget nyert, hogy mindenki csak arról beszélt. Nemsokára pedig a felesége vett fel a ruletten százezer frankot.

Hogyan sikerült ezt csinálniok? Az újságírók a napilapokban megírták, hogy néhány ember a játékkaszinókban a gyõzelmek több ezer változatát jegyezte fel. Azután a leírtakat kódolták,

és számítógépen feldolgozták, amely további győzelmi variációt adott.

Ez azonban nem mindig járható út. A ruletthez és a lottóhoz hasonló játékokban az eredmény általában nem a résztvevők lépéseitől függ: minden teljesen a véletlenre épül. A ruletthez és a lottóhoz nincsen játékszabály, és lehetetlen kidolgozni a játék szigorúan meghatározott győzelmi stratégiáját. Különben rég koldusbotra juttatták volna a monte-carlói kaszinótulajdonosokat.

S ki lehet-e számítani a biztos tippet a labdarúgással kapcsolatban?

Moszkvai mérnökök egy csoportja már elég hosszú idő óta sikerrel találja el a labdarúgó-mérkőzések eredményeit.

Céljuk pontok szerint eltalálni egy mérkőzés kimenetelét: győzelmet, döntetlent, vereséget. Néha még nagyobb a pontosság foka: meghatározzák a kapott és rúgott gólok közti különbséget, amennyivel győz vagy veszít egy csapat a mérkőzésen.

A mérnökök a játékelmélet alapján olyan táblázatot állítottak össze, amely egy szurkoló összes intuícióját, futballismeretét, szakértelmét, a labdarúgással kapcsolatos teljes felkészültségét felölelte. Minden szimbólum jelentését egy szám fejezte ki (1-től 10-ig). A szimbólumok megjelölése után összegezték a számokat, megállapítva, hogy milyen intervallumba került az adott szám.

Három intervallumot alkalmaztak: 0-tól 35-ig a *vereséget*, 36-tól 68-ig a *döntetlent*, és 69-től 90-ig a *győzelmet*.

Mit jelentettek a szimbólumok? A hazai vagy idegen pálya pl. a 3-as számnak felelt meg, ha a mérkőzés az ellenfél pályáján zajlott le, és 8-as számnak, ha a játékot saját pályán játszották. A semleges pályán játszott mérkőzést az 5-ös számmal jelölték.

Az *utolsó találkozók eredménye* rovat megmutatta a legutóbbi öt mérkőzés eredményét. Ha a csapat pl. 10 pontot gyűjtött, akkor a jelzőszám 10 volt; az ellenfél sikere esetén a rovatba 0-t írtak.

A *pályahelyzet* feliratú rovat azt vette figyelembe, hogy a csapatok a mérkőzést saját vagy idegen pályán játsszák.

A *csapatösszeállítás* szimbólumban az új, erőteljes játékosok megjelenését, az élvonalbeli labdarúgók betegségét, a legjobbak hiányát, akik országos válogatottba kerültek, az edzőcserét stb. vették figyelembe.

További szimbólumokat alkalmaztak a *csapatok egymás közti találkozóira* és az *időjárás előnyeire* (a csapat szempontjából).

Feldolgoztak mindent: a játékosok alkatát, begyakorlottságát, az erkölcsi tényezőket és az esetenkénti jellemzőket is.

Mire képes az ember és a gép?

Az ember a következőkben múlja felül a gépet:

1. a gyenge hang- és fényjelek érzékelésében;
2. a különféle típusú jelek felfogásában, értelmezésében és szervezésében;
3. az irányítás műveleteinek elvégzésében;
4. nagy információmennyiségek megőrzésében, s a kellő információnak a kellő pillanatban való felhasználásában;
5. az induktív következtetések kialakításában;
6. tulajdonságainak az oktatás eredményeként való megváltoztatásában;
7. a fogalomalkotásban és a módszerek kidolgozásában.

A gép túltesz az emberen:

1. a jelre adott válasz gyorsaságában;
2. az ismétlődő, sztereotip cselekedetek és feladatok teljesítésében;
3. a tömörített formájú információ megőrzésében és a fölösleges információtól való teljes függetlenségben;
4. a számítások sebességében;
5. egyidejűleg több különféle funkció teljesítésében.

Összehasonlítható a gép és az ember egyetlen funkció alapján is, pl. az információátvitel, a megbízhatóság, az alapvető pa-

raméterek vagy a fizikai jellemzők szerint is. Bármennyi és bármilyen jellemzőt mutatunk is ki, a felsorolás nem lesz teljes. Az idézett jellemzők azonban igen szemléletesek.

A megítélés pontosabb lehet, mint a konkrét tények összegyűjtése. Úgy gondolom, egyetértenek velem, ha elolvassák *Wienernél* a következőket:

„Első pillantásra úgy tűnhet, hogy a gépnek sok szemmel látható előnye van. Valóban, gyorsabban és mindig ugyanúgy működik, vagy legalábbis rendelkezhet e sajátosságokkal, ha helyesen építik meg. A digitális számítógép olyan mértékű munkát tud teljesíteni, amellyel egy számviteli csoport egy év alatt sem birkózik meg, s alig hibázik.

Azért az embernek is vannak bizonyos előnyei. Az ember a géphez való kapcsolatában a maga emberi céljait tartja elsőrendűeknek, s a gép az emberhez viszonyítva távolról sem oly bonyolult, cselekvési szférája pedig — a maga sokféleségében véve is — , lényegesen kisebb."

Gépet szülő gépek

Nekem még nem adatott meg, hogy leülhessek a gép pultja elé, de az ismert tudományos újságírónak, *Vlagyimir Orlovnak* igen. Ezért adjuk át neki a szót.

„Egyszer megengedték, hogy számítógépen dolgozhassak... A matematikusok félresöpörték a papírszalagköteget, és leültettek a számítógép vezérlőpultjához: újságíróként minden előkészület nélkül kellet végigcsinálnom mindazt, amit egy végzős hallgató több hónap alatt végez el, a mérnöki cím megszerzésére készülve. A fejemben valami újnak kellett kiépülnie: ki kellett számítani és meg kellett tervezni egy villanymotort. Olyan problémát kellett megoldanom, ami csupán újabban tartozott a mérnöki feladatkör finomságai közé: az összes vas, réz és egyéb anyagok árhelyzetéből, a gazdaságosságból, a technológiából és a működtetésből kiindulva olyan konstrukciós arányokat kellett

keresnem, amelyek mellett a villanymotor legolcsóbbnak bizonyul.

Nem rejtették véka alú a nehézségeket sem. Csupán egyetlen változat kiszámításához körülbelül 200 formulát kellett felhasználni. A legelőnyösebb arány kipuhatolásához a változatok százait kell kiszámítani, megteremteni, gondosan összehasonlítani és szigorúan elvetni körülbelül 100 elképzelhető hajtóművet. Mint egy szigorú vizsgán, nem engedték meg az útmutatók használatát, csak egy rövidke „*puskát*" lehetett megtekinteni, ahol a gombok lenyomásának rendszerét írták le. Bizonytalan ujjakkal, a puskára sandítva kezdtem el nyomkodni a gombokat, a gép pedig felvillanó lámpáival meggyőzően jelezte az utasítások teljesítését. A gép üvegszekrényeiben a mágnesszalagok előre-hátra pörögtek. A konstrukciós adatokat, a fizikai jellemzőket, a számítási program utasításait a gép háttérmemória-egységeiből kiolvastuk, és egymás után a kellő sorrendben egy mágnesszalagra felírtuk. Végül megnyomtam az utolsó gombot, amely automatikus számításra ad utasítást. Lenyelhettem egy korty teát. A többit csinálta a gép.

A fénypontok, amelyek lustán villóztak a vezérlőpulton, megélénkültek, mint valami ünnepi kivilágításkor, folyamatos fénysort alkotva. Hirtelen kopogni kezdett a kiíró, és az addig mozdulatlan papírcsík kúszni kezdett, mint egy géppuskaheveder. Több jegyű számoszlop volt ráírva. Megfejtették számomra a jelentését. A gép már az első sorokban közölte, hogy a megoldást elég egyszerűen érte el — számolt, összevetett, és mindössze 78 változatot tett félre, míg a legjobbat megtervezte. A továbbiakban mintegy 50 paraméter következett, melyek a motor részletes mérnöki leírását adták meg. Azokat rövid gondolkodás után egy sematikus ábrára vitték rá, a hajtómű rajzára, ahol a méretnyilak töréseiben a számoknak üres részeket készítettek elő. A gép pedig, gazdag mellékletként, még 50 jelzőszámot írt ki, tarka vonásokat verve ki, összegezve egy nem létező motor tervezetét."

Egy másik gép még tökéletesebb, ez a tervezők leghízelgőbb

nyilatkozatait nyerte el. A tervező vezérfonalának, jobbkezének, elektronikus tervezőnek, műszaki varázslónak, a képletek mesterének, sőt még tekintélynek is hívják. Igen, olyan tekintélynek, amilyenre a különleges teljesítményekre és magas szintű alkotó tevékenységre szolgáló tervezői agy emelkedett. E gép agya valóban mindentudó.

Amikor az ember elektronikus tervező elé ül és dolgozni kezd, a szoros együttműködés fellelkesíti: *van itt ész és sebesség, fantázia és megbízhatóság, alkotómunka és józanság, lendület és memória.*

A tervezés szó a nehézségek hosszú sorát foglalja magában. Egyetlen pontban gyűlik össze a szociális szükségletek mérése, az esztétikai normák értékelése és a tervező előtt álló feladat gazdasági aspektusainak értékelése. Ehhez még előre nem látott kérdések járulnak, amelyek a tervezés különböző szakaszaiban merülnek fel.

Az érintett problémán sokat lehet vitatkozni, de egy dolog vitathatatlan: a konstruktőrgép billentyűzetén *játszva* a tervezői tevékenységből néhány nagyon munkaigényes *részletet* átruháztunk a gépre. A gép képes értelmezni a rajzokat, és memóriaegységébe raktározza egymás után a tervezői megoldásokat.

A tervező fényceruzával rajzolja fel vázlatait egy speciális képernyőre. A gép minden vonalat rögzít. A tervező, csupán az elölnézetet rajzolva meg, kérheti a géptől az annak megfelelő oldal- és felülnézetet. Sőt ezeknek a háromdimenziós térbe való áttevését is. Az ember önkényesen áthelyezheti és elfordíthatja a terv egyes elemeit, csökkentheti vagy növelheti a méreteket, s e növelés olyan méretű is lehet, mintha a tervezőnek több ezer négyzetméteres rajzlapot adtak volna.

Ha a tervezőnek valamelyik konstrukciós elemre szüksége van, egy gombot lenyomva pontos másolatot kap. A tervrajzon megismételhető a konstrukció egy része, akár többször is. Ha a terv egyik részletét módosították, a gép ezt a módosítást beviszi a konstrukcióba, minden szerkezeti részegységbe, ahol e szerkezeti részlet megtalálható. Ha azonban egy konstrukción két ter-

vezõ is dolgozik, a gép arra is rámutat, hogy átfedés van munkájukban az azonos megoldásokat illetõen, s nem engedi meg az idõfecsérlést.

A gép a rajzot leolvassa, és azt egyenletek formájában leírja. A tervezés alatt mentesíti a konstruktõrt az elõzetes matematikai munkavégzés alól.

A gép fordított munkát is végezhet: a függvényeket grafikai ábrákká alakíthatja.

Érdekes, hogy mindkét fél, az ember és a gép is, a közös tevékenység során egész idõ alatt tökéletesíti a konstrukciót: kiegészíti, átszámítja stb., az optimális megoldást keresve.

Az egyik tervezõ felvázolja egy gépezet vagy egy berendezés tervrajzát. A gép *veszi* a rajzot, és memóriájában *fogadja*. Cserébe egyenleteket és számításokat bocsát ki a rajzra vonatkozóan. Ha valamelyik adaton minimális változtatást óhajtunk végrehajtani, a gép a kívánságnak megfelelõen módosítja a rajzot. Sõt, ha valakinek kedve támad a leendõ szerkezet mozgatására, a gép ezt is lehetõvé teszi. Elvégzi a számításokat, rajzokat bocsát ki, tízesével vagy százával, s akár egy filmen, megjelenik a tervezett szerkezet élete.

Nem eszményi-e a tervezõ és a feltaláló számára a segítõtárs? Hiszen a konstrukció a különféle variánsok százainak kivetítése, az összehasonlíthatatlan összevetése, az egyesíthetetlen egyesítése, a matematikai bizonyítás egyidejû kiadásával, a matematikai számítás kibocsátásával teljes egészében a gép „vállaira“ kerül át. A gép az új technika teremtõjének fõ eszközévé válik. Nem véletlenül jósolja *V. Gluskov* akadémikus a mérnöki, a tervezõi s a feltalálói munka mérhetetlen megváltozását:

— Elegendõ lesz a rendszerbe egy új szerkezet alapgondolatát bevinni, a különféle részletezési, rajzolási, típusszámítási stb. mechanikus munkát pedig elvégzi az elektronikus *agy*. Az esetek többségében nem szükségesek sem rajzok, sem tervek, sem vázlatok. A tervezési eredmények közvetlenül az automatizált futószalagokra jutnak, ahol az újítás megvalósul.

A mérnök, a tervezõ, a feltaláló ideális segítõtársai a szá-

tógépek új fajtái. A számítógépek tervezésének automatizálása teszi lehetővé, hogy a korral lépést tartsunk. A hagyományos tervezés régi módjai hátráltatták a tervezőket. Oly gyorsan fejlődött az elektronikus gépek gyártástechnológiája, hogy egy gép, mire napvilágra jött, már majdnem elavult. Ma pedig már a gép gépet dolgoz ki, s ezt lényegesen gyorsabban teszi, mint az emberek. Az első szakasz a számítógépek elveinek felvázolása. A második a konstrukciós tervrajzok elkészítése. Más szóval, a gép előbb a számítógépek elvi, majd pedig szerkesztési vázlatát adja meg. Emellett a géppel csupán azt kell közölni, hogy milyennek akarja látni a tervező az új számítógépet. A gép pedig a munkadokumentációk tömegét adja ki.

A kibernetika megszületésekor sokszor vitatták azt, hogy a jövőben tud-e majd egy gép önmagához hasonló, vagy még tökéletesebb gépeket előállítani? Még nem is oly sok idő telt el, s gondolkodás nélkül válaszoljuk, hogy tud!

A gépnél gyorsabban

V. Zsuravljova írónő Fenomén című tréfás elbeszélésében *Vitya Kosztyikov*, az egyik kisfiú, egyszer ámulatba ejtette a tanítónőjét különleges képességeivel. Pillanatok alatt megoldott minden feladatot. A tanítónő, *Nyina Vlagyimirovna* megkérdezte:

— Lehet, hogy a hatodikos feladatokat is megoldod?

Kosztyikov így felelt:

— Nekem, *Nyina Vlagyimirovna*, mindegy. Ha akarja a hatodikosokat, ha akarja, a tizedikeseket.

Később azonban kiderült, hogy az iskolával szembeni intézetben új számítógép volt, amely elemezni tudta az emberi beszédet, hang után bármilyen feladat feltételeit felfogta. A kész megoldás egy közönséges hangszóróba jutott. Onnan hallatszott a válasz. Ilyen hangszórót, amely mikrofonként is működött, az intézet munkatársai abban az osztályban helyeztek el,

ahol *Vitya Kosztyikov* tanult. Ő pedig ügyesen kihasználta az elektronikus súgót.

Vitya Kosztyikov csak egy tréfás elbeszélés hőse! De, lám, *Boriszlav Gadzsanszki* valóban matematikus fenomén.

A jugoszláviai Zrenyanin városban élő 11 éves *Boriszlav Gadzsanszki* a főiskolai tananyagot, felsőbb matematikát is ismeri, s a legbonyolultabb matematikai számításokat ceruza és papír nélkül végzi el.

— Tudsz-e, *Boriszlav*, 22-ik gyököt vonni 73 786 976 294 838 206 464 — ből?

A fiú egy percet gondolkodik.

— Nyolc.

— Most pedig vondd a 31. gyökét a 4 611 636 018 427 387 904 számnak!

Megint csak egy perc telik el:

— Négy.

A számvirtuózok nem ritkák.

Nyugat-Grúzia Van megyéjében él *Aron Csikvasvili*. Több-jegyű számokkal fejben számol.

... A nézőtéren kialudt a fény. A rivaldafénytől megvilágított színpadra komor, sötét öltönyű ember lépett ki. Ez az ember nem cirkuszi artista, nem konferanszié, s nem is népszerű daléneke s. A kezében krétát és szivacsot tartott, melyek nem is illettek a színpadra.

Elkezdődött a szám. A nézők százai kísérték figyelemmel az előadót.

— Nevezzenek meg — fordult a nézők felé a művész — több jegyű szorzandót és több jegyű szorzót. Kérem Önöket, együtt keressük a megoldástl

— 1 594 323-at szorozzon meg 3456-tal — kérték a teremből.

Néhány másodperc telt el, és mindenki olvashatta a tábláról az eredményt: 5 509 980 288.

Az előadó türelmesen várt, míg a nézők beszorozzák papíron a számokat. Ezután az összes részszorzat eredményét is megmondta.

Csikvasvili „számológépezete“ fáradságot és hibákat nem ismer.

Egyszer a baráta ielhatározták, hogy próbára teszik a számolócsoda tudását. A következőket kérdezték tőle: hány szót és betűt ejt ki egy közvetítő, aki a *Szpartak* (Moszkva) és a *Dinamó* (Tbiliszi) közötti futballmérkőzés második félidejét közvetíti? Ugyanakkor bekapcsoltak egy magnetofont. Miután a riporter az utolsó szót kimondta, elhangzott a válasz is: 17 427 betű és 1835 szó volt a szövegben.

Az ellenőrzés öt órát igényelt. A válasz helyesnek bizonyult.

A 36 éves *Aron Csikvasvili* a főiskola jogi- és közgazdasági szakát végezte el.

Természetesen a hozzá hasonló képességű embereknek kiváló memóriája, sajátos számbefogadó készsége is kialakul. De a megoldási technikájuk nem ismert, s még nehezebb megmagyarázni a számítás fenomenális gyorsaságát.

Néhány évvel ezelőtt Franciaországban, Lille-ben, fizikusokból, mérnökökből, kibernetikusokból álló tekintélyes zsüri jelenlétében *Maurice Dagobert* matematikus számítógéppel versenyzett. A gép kb. egymilliós másodpercenkénti műveleti sebességű volt.

A matematikus *Dagobert* kijelentette, hogy csak abban az esetben ismeri el magát legyőzöttnek, ha a gép hét feladatot előbb megold, mint ő tizet...

És mi is történt?

Dagobert mind a tíz feladatát 3 perc 43 másodperc alatt megoldotta, a számítógép a hetet csupán 5 perc 18 másodperc alatt.

Mindez nemcsak egyes emberek kivételes számolóképességéről beszél, hanem az emberi agy kimeríthetetlen lehetőségeiről is.

A gépek „tévedésci“

Az emberek már úgy hozzászoktak a gépek pontosságához és megbízhatóságához, hogy az elektronikus agy hibái számukra

hihetetlenek. De a számítógépek tévedéseiből összegyűjtöttünk néhányat.

Az Amerikai Egyesült Államokban 1962 júliusában a programból hiányzó egyetlen kötőjel miatt az agyik kozmikus rakétát fel kellett robbantani, amely a Kennedy-fokról a Vénusz irányúba startolt, pedig a rakéta 18 500 000 dollárba került.

Laurensberg városában az egyik autótulajdonost a számítógép 35 adófizetési felszólítással halmozta el, összesen 10 056 márkát követelve. A számlaáradat csak akkor szakadt meg, amikor a robot helyett emberek dolgoztak a pénzügyi központban. Kiderült, hogy a robot 0-nak fogta fel a pontatlanul leírt 6-os számot, és 1965 helyett 1905-öt olvasott le. Ezért a gépkocsitulajdonostól hatvan évre kérte az adó kifizetését.

A gépi zene szakembere, *R. H. Zaripov*, az *Ural* nevű számítógépet keringők komponálására tanította be. A siker után elhatározta, hogy a gépet indulók szerzésére is megtanítja. A gép azonban szeszélyeskedett: keringőket továbbra is írt, de indulókat nem. Az *Ural* sztrájkolt, semmiféle eredményt nem adott. Az ok elég soká derült ki. A program egyik sorába 1777 helyett 1177 került be.

Johannesburgban (Dél-afrikai Köztársaság) egy elvált asszony elhatározta, hogy férjet keres magának. E célból csupán egy olyan hivatal szolgáltatásaihoz kellett fordulnia, mely a leendő házasok kiválasztásával foglalkozik.

Az asszony hosszú kérdéssorból álló űrlapot töltött ki. Volt férje véletlenül ugyanezen hivatal szolgálatait vette igénybe. Néhány nap múltán az asszony *szigorúan bizalmas* jelzésű levelet kapott. A borítékban megtalálta a számítógép válaszát, amely több mint egymillió jelölt közül kiválasztotta ... a volt férjét.

Burton-on-Trentben (Anglia) egy sörgyártulajdonos pontosan meg akarta állapítani, mennyi sörre van szükség a karácsony és az 1966-os újesztendő megünnepléséhez és köszöntéséhez. A számításokat számítógépre bízták. A gép tanácsa alapján a sörgyár 1,2 millió literrel több sört gyártott, mint amit megittak.

Houstonban (USA) egy háztulajdonosnak a vízvezeték használatáért járó számlához egyidejűleg fizetési késedelmi kamatot is csatoltak. A háztulajdonos panaszára így hangzott a válasz: A gépet túl későn kapcsoltuk be, így a gép az összegre automatikusan rátette a százalékot.

Danzig, amerikai kibernetikus különböző élelmiszerek kalóriaértékeit, s azok szezonális áringadozásait táplálta be a számítógépbe. A gépnek a leggazdaságosabb étrendet kellett összeállítania. Hosszas és bonyolult számítások után ez volt a válasz: *24 óránként* 18 *liter ecet*. *Danzig* először úgy vélte, hogy a programba hiba csúszott. Megismételtette a számítást, de a gép ismét az előbbi választ adta. Valóban, 18 liter ecetben 1800 kalória van, az a nagyságrend, ami megfelel egy napi kalóriaadagnak. *Danzig* erre megváltoztatta a programot, belevíve a különböző élelmiszerek különböző kombinációs lehetőségeinek mutatóit. A gép, hosszas megfontolás után a leggazdaságosabb menünek 32 bögre tejeskávét ajánlott.

Hová nem próbált behatolni a kibernetika? *U. R. Royce* professzor, az egyik pszichológus kidolgozta a szerelem együtthatójának formuláját. Íme:

$I \cdot Z = \frac{32,99\ AG}{2n} + (BP)^2$, ahol $I \cdot Z$ — a szerelem intenzitása, A — az adrenalin koncentrációja, G — a glikogén koncentrá ciója, BP — az arteriális vérnyomás, n — a lakótársak száma.

Összeállítója szerint a képlet bármilyen közösségre alkalmazható (többnejűségre vagy többférjűségre is).

Londonban az Erlam utca 10. számú házon megjelent egy címtábla: *Számítógépek betiltásával foglalkozó nemzetközi társaság.* A társaság lelkes tagjai ugyanis megállapították, hogy ha 50 ember 200 éven át éjjel-nappal dolgozna, akkor sem ejtene annyi hibát, mint egy számítógép 2 másodperc alatt...

Figyelem, H-GY-T tilos!

E kifejezést *Art Buchwald*, a híres amerikai tárcaíró egyik tárcájából, *Az elátkozott kibernetikából* kölcsönöztem. Hogy mit is jelent, megértik, ha a tárcát elolvassák. Teljes egészében idézem:

„A számlákat most általában számítógép-lyukkártyák alakjában küldik szét nekünk. A kártyákra hatalmas betűkkel ráírták: HAJLÍTGATNI — GYŰRNI — TEKERGETNI TILOS!

Van egy barátom, aki nem képes eltűrni, hogy utasítsák, mit tegyen és mit ne tegyen a számlákkal.

Egyszer, megrökönyödésemre, a szemem láttára kezdte el hajlítgatni, gyűrni és tekergetni az éppen megkapott számlát.

— Megállj, mit művelsz!? — kiáltottam megrendülten. — Az Egyesült Államokban átokkal sújtják annak a fejét, aki hajlítgatja, gyűri és tekergeti a számlákat.

Barátom felkacagott.

— Vénasszonymesék! Hisz Amerika a szabadság hazája, nem?

— Csak azok számára, akik nem hajlítgatják, gyűrik és tekergetik a számlákat.

— Nyúllelkület! — mondta. — Nem hagyom, hogy egy számítógép irányítson engem.

Eltelt néhány hónap. Az egyik bárban ismét összetalálkoztam a barátommal. Borotválatlan, mosdatlan és ittas volt.

— Mi történt? — kérdeztem.

— Átok! — nyögte — , átok van rajtam!

Elmesélte balszerencséjét. Miután visszaküldte az akkor őszehajlított és meggyűrt kártyát, egy hét múlva újat kapott. Arra azt nyomatták rá: *Figyelem, H-GY-T tilos! Az utolsó esélyt adjuk Önnek.*

— Összegyűrtem a kártyát, és visszaküldtem — mondta barátom — , lássuk, ki győz. És ezzel el is kezdődött a kálváriám. Meg voltam fosztva attól a lehetőségtől, hogy bárkivel beszélhessek. A telefontársasághoz fordultam. Nagyon kedvesen fo-

gadtak, de miután megkeresték a nevemet a kártyán, elkomorodtak. Majd egy kisasszony szigorúan mondta:

— Itt az áll, hogy Ön összegyűrte a számláját.

— Nem a telefonszámlát gyűrtem össze.

— Teljesen lényegtelen, hogy melyik számláját gyűrte össze. Számítógépünk tudja, hogy bánik Ön egy másik számítógéppel. Ezért tagadja meg a miénk, hogy Önnel dolga legyen.

— De honnan tudta meg?

— A központi kibernetikai gép mindegyik számítógéppel közli azon személyek nevét, akik hajlítgatják, gyűrik, tekergetik a számlákat. Tartok tőle, hogy nem segíthetünk Önön.

Barátom újból hörpintett a poharából.

— A történet megismétlődött, amikor kikapcsolták nálam a villanyt, majd a gázt. Mindenki együttérzését fejezte ki, de segíteni senki sem tudott. A kifizetési napon nem adtak csekket. Panaszt tettem a főnökömnél, de az csak a vállamat szorongatta: *Itt én nem tehetek semmit. A gép fizet!* Egy centnyi készpénzem sem maradt. Csekkeket kellett kiállítanom a bankhoz, ahol folyószámlát nyitottam. A csekket visszaküldték, boríték nélkül, rábélyegezve: *Kibernetikával szembeni tiszteletlenség.*

— Ó, Te szegény! — mondtam együttérzően.

— Ez még nem minden. Valamelyik számítógép annyira dühbe jött, hogy nem volt hajlandó megszakítani a *Reader's Digest* lapra szóló előfizetésemet, hanem ehelyett csillagászati számokig fokozta. Most havonta tízezer példányban kapom az újságot.

— Annyit képtelen vagy kiolvasni — mondtam.

— Elhagyott a feleségem, mert nem bírta a botrányos történyeteket, azonkívül pedig félt, hogy *A hónap legjobb könyve* nevű klubból őt is kidobják.

Könnyek gördültek a szeméből.

— Te egyszerűen szörnyen nézel ki — mondtam. — Nem kéne befeküdnöd egy kórházba?

— Nem tehetem meg! — kiáltott fel. — A betegbiztosítástól is megfosztottak!"

Miért idéztem ezt a tárcát? A kedves olvasó bizonyára nem szándékozza a számlát sem hajlítgatni, sem gyűrni, sem tekergetni. A tárca azonban ennél többet mond. Az ember és a számítógép közti kölcsönhatásban meglevő, nyugaton kirajzolódott tendenciát érint. E tendencia ma már sokakat nyugtalanít.

Tarka feljegyzések

A nálam sok év alatt felgyülemlett jegyzetek és kibernetikáról szóló vázlatok tömkelege között vannak olyanok, amelyek a legjobb akaratom ellenére is nehezen egészülnek ki. Egyszerűen nem engednek maguk mellé semmit sem feljegyezni, például: *Erről már volt szó nálunk*; *Nem megfelelő, hosszú*; *Túlságosan komoly.*

E kis gyűjtemény így együtt egész sor érdekes kérdést tár fel, amelyek kapcsolatban vannak a kibernetikával. Ami a legfőbb: az apró észrevételek gondolkodásra, mosolyra, filozofálásra, sajnálkozásra vagy örömre késztetnek.

— Minden jó az embertől ered — mondta *Mihail Prisvin.* Ugyanakkor finoman különbséget is tett ember és ember között.

Valaki először hallott rádiót. Először nem hitte el, majd pedig elcsodálkozott és kérdezősködni kezdett, igyekezve megérteni a működését. A másik, nem érdeklődve az okok felől, mindjárt olyan fogyasztóvá lett, mintha mindennek úgyis az ő személyes érdekében kellene történnie. Az ilyen ember is modern, hozzászokott a legkülönösebb találmányokhoz, és ugyanazoknak tartja őket, mint aminek mi a természet erőit. Az ilyen embernek semmi köze *Kopernikuszhoz*, *Galileihez* és más, tudományvértanúkhoz, akik szenvedtek. Ő azonban most nyugodt, és ami nekünk villamosság — olyan világos, mint a Nap — , az neki ventillátort jelent. Minden nagyon természetes, ő meg van mentve, megszabadult a kínlódástól; egész kínlódása abban áll, hogy emberekkel vesződjék, és ezeket az értékeket birtokba vegye.

Csodálkoztam, sőt, meglepődtem, mennyire pontosan, *kibernetikusan* értették meg az emberek azelőtt azt, amit *Gorkij második természetnek* nevezett el. *L. Bourdon Az ipari erők* című könyvében a század küszöbén azt írta, hogy a gépek, amelyek felépítésük és működőképességük tekintetében oly különbözők, a természet valami újfajta uralmát jelentik, ami a szervetlen testek világa és az élőlények között áll fenn, ami rendelkezve az előbbiek passzivitásával s az utóbbiak működőképességével, ezt is, azt is kihasználja a mi hasznunkra. A gépek olyan eleven lények utánzatai, amelyek képesek a lusta anyagot helyes tevékenységre kényszeríteni. Vasvázuk, acélszerkezeteik, szíjizomzatuk, tűzlelkük, pihegő légzésük, ami gőzökkel s füsttel jár együtt, működésük helyes ritmusa, időnként kitörő éles és panaszos sípolásaik, amelyek energetikai erőfeszítésfélét fejeznek ki, néha pedig még fájdalmat is: mindez együtt ad nekik fantasztikus elevenséget, ami tényleg a szervetlen élet látszatát kelti.

Még határozottabban nyilatkozott ennek kapcsán *Paul Lafargue*, a matematikus-filozófus:

— A jövő a gépé. Helyettesíti majd az embereket a termelés minden ágában, még a gépek építésében is. Önmagát fogja sokszorozni, az embernek a felügyelő szerepét hagyva meg, igen korlátozott szerepet, miután az elektromosság elfoglalja benne az idegrendszer helyét.

Elgondolkoztak-e azon, milyen problémák merülhetnek fel az ember és a gép kölcsönhatása közepette?

Az egyik üzemben *Minszk-22-es* számítógépet állítottak be a termelés operatív irányítására. A gép a műhelyvezetőktől kapta az információt.

Bonyolult problémák vetődtek fel. Például amikor a gép közvetítette a műhelybe a soros feladatot, egy mester megnézve azt, kárörvendőn (végtére is ez a *robot* melléfogott) a telexen lekopogtatta, hogy a feladat teljesíthetetlen, nincsen ez és ez az alkatrész. A mester még el sem tudott lépni, a teletype felébredt, a robot kijelentette, hogy van alkatrész. A mester újból megvizs-

gálta: nincsen. A gép tartotta álláspontját. A vita vészesen elhúzódott. Akkor a robot eldarálta, hogy az alkatrészeket ennyi és ennyi mennyiségben gyártották le ebben és ebben a műbelyben, majd pedig ilyen és ilyen utat tettek meg, s végül eljutottak éppen az adott műhelybe. Rajta, keressék jobban!

Elkezdték keresni. Kiderült, hogy a raktáros, tudva, hogy ezek az alkatrészek hiánycikkek, alaposan elrejtette őket.

Ugyanezen téma folytatása, kissé más megvilágításban.

Az egyik legnagyobb amerikai beruházási vállalat, a *Wolstone és Társai* alelnöke, *Hadderer*, betérve arra az osztályra, ahol a számítógép állt, a többi munkatárs távollétében egy fölösleges lyukat beütött a lyukkártyákon. A kártyákat behelyezték a gépbe: a társaság jövedelme csökkent, a *Hadderer* család bevételei pedig ennek megfelelően növekedtek. Az ügyes csalás nyolc éven át tartott.

Hadderernek akadt követője, nem is egy. Nyugat-Európában és az USA-ban számítógépek segítségével 130 bűntettet követtek el. A bűnözők tevékenységét megkönnyítette az, hogy ott, ahol számítóközpontokat hoztak létre (bankokban, intézményeknél, vállalatoknál), felszámoltak minden ellenőrző szervet: óriási a hite a számítógép tévedhetetlenségének! A vállalkozó kedvű csalók pedig nem szunyókáltak.

Hamburg egyik legnagyobb bankjában a programozó *utasította* a gépet, hogy ne kerekítse, mint általában szokta, a pfennig tizedrészeit, hanem utalja át az ő bankszámlájára. A végeredmény: 498 ezer márka két év alatt.

Egy másik bankban a számítógépet egyszerre több ember használta ki, köztük az alelnök és a bank igazgatója. Ennek eredményeképpen a *kibernetikai szédelgők* zsebébe több mint 6,8 millió dollár vándorolt.

Úgy látszik azonban, hogy az elektronikus számítógépek nem kívánnak bűncselekmény eszközévé válni. Így például *Wardot*, a 29 esztendős San Franciscó-i számítógép-szakértőt letartóztatták azzal az indokkal, hogy rendszeresen lop ki értékes információkat a számítógép memóriaegységéből. Az ellopott információt

25 ezer dollárra lehetett becsülni. A tolvaj lebukott, amikor a gép közölte, hogy az információkat helytelenül használják fel.

A számítógépeknek vannak más ellenségei is, bár ezek is titkos ellenségek.

A nyloning, a gyapjúpulóver vagy egy közeli repülőtér radara is okozhat kibernetikai hibákat az elektronikus számítógép működésében. Amikor a gyapjúpulóveres operátor feláll a székéről, statikus elektromos töltés keletkezik, ami a kezelőnek a számítógéppult irányító kapcsolójával való érintkezésekor kisül, s képes kiváltani valamelyik érzékelő átbillenését a számítógép áramkörében.

Felfigyeltek arra, hogy egy száraz szobában szintetikus szőnyegen való járkáláskor (a levegő relatív páratartalma kb. 30%) az ember 5000 volt feszültségre is feltöltődhet. A statikus töltést 2500 volt feszültség felett érzékeli, de még 5000 volt esetén is csak enyhe szúrást érez. A gép már a 2000 voltot is *megérzi*, s ez elegendő ahhoz, hogy átkapcsoljon egy perifériális berendezést az elektronikus számítógép rendszerében.

A legnagyobb veszély azonban az elektronikus számítóközpontok falain túl rejlik. Így az a radar, amit az USA adóügyi hivatalának számítógépétől távol, egy repülőtéren helyeztek el, nemrég *tisztára mosta* a gép elektronikus memóriáját. A beírtaknak másolatai nem voltak, s a megsemmisített adatokat eddig nem újították fel. Hasonló veszély származhat a számítógép közelében elhelyezett rádióállomásoktól is.

Elektronikus gépeket, okos gépeket elsősorban a tudományos munka területén alkalmaznak. A tudósok azonban nem félnek, hogy a gépek felválthatják őket. De miért fejeznek ki ennek kapcsán nyugtalanságot az orvosok, a költők, a pedagógusok, s a zeneszerzők? Nem mutatkozik-e itt a gondolkodás tehetetlensége? Úgy vélem, hogy megmutatkozik. Ott, ahol a gépek alkalmazása nem megszokott, aggodalmat váltanak ki, ahol pedig már működnek és többékevésbé ismert az alkalmazási körük, nem keltenek aggodalmat.

El tudja-e mindenki képzelni a gépek tömegméretű számítási lehetőségeit?

Íme, itt van a mindenki számára ismert szám, a π, ami egyenlő 3,141 592 65-tel. A π szó szerint elbűvölte a múlt néhány matematikusát. A tizedesvesszőn túl a lehető legtöbb jegyig igyekeztek kiszámítani. Például: 3,141 592 653 589 793 238 462 646 433 832 79. Ez azonban nem a rekord, itt mindössze 32 tizedesszám van. *Ludolph van Ceulen* a maga idejében egy életet vesztegetett el arra, hogy a π számot 707 tizedesnyi pontossággal kiszámítsa. Nem véletlenül hever a sírján egyetlen kőlap felirat nélkül: csupán a π jelét vésték rá.

Ma már egy számítógép e számnak a 100 ezer tizedesét megkapja néhány óra alatt. Ha ezt a számot teljes egészében leírnák, kis híján 250 métert tenne ki!

Hol és mire használják ma a számítógépeket? Íme, itt van két teljesen szokatlan példa.

... Éjszaka az orkánszerű szél elszakította a *Lev Tolsztoj* nevű gőzöshöz kötött dereglyét Uszty-Kamcsatszk kikötőjében. A fedélzeten az uszálykormányos, *Vaszilij Szabocskin* vészjeleket kezdett leadni rakétával. Az erős hóvihar miatt azonban nem vették észre jeleit. Az orkánszerű szél és a víz alatti áramlatok a bárkát kihajtották az óceánra. Az elveszett dereglye felkutatására hajók, repülők, helikopterek indultak. A rossz időjárás azonban zavaró volt.

Ekkor fordultak a számítógéphez. Megkapván az adatokat a szél és az áramlatok sebességéről és irányáról, a gép meghatározta a dereglye koordinátáit. Azok pontosnak bizonyultak. A bárkát az előírt helyen megtalálták, s a kikötőbe vontatták.

V. Szabocskin tengerésznek szokatlan kitérőt kellett tennie hat teljes napon át a viharos Csendes-óceánon, és igen szokatlan körülmények között kellett köszöntenie az 1971-es újesztendőt. Egyáltalán nem a megszokott módon mentették meg, s ezen ő csodálkozott a legjobban.

... Svédországban kevés a családnév. Igaz, a svédek többsége úgy rendezi, hogy *Andersonnak*, (*Anderssonnak*), *Johansonnak*

(*Johanssonnak*) és *Karlsonnak* hívják. Ezek a családnevek hagyományos népszerűségnek örvendenek, de kolosszális zűrzavart keltenek a kormányzati és egyéb intézményekben.

A dolog odáig fajult, hogy a svéd kormány speciális bizottságot volt kénytelen létrehozni a kérdés vizsgálatára. Utasítására a Központi Statisztikai Hivatal hozzáfogott új családnevek kitalálásához két gép segítségével. Eredményként létrejött kb. egymillió új családnév — újak és eredetiek — , de *elektronikus* kiejtésűek.

Különböző okok folytán sok elektronikus családnév nem bizonyult megfelelőnek. Egyeseket nem lehetett kimondani, mások sértik a helyesírást, vagy értelmetlen betűhalmazt alkotnak, megint újabbak túlságosan furcsák, durvák, kétértelműek vagy éppenséggel illetlenek. Most a speciális *családnév-bizottságnak* amely nyelvészekből és jogászokból áll, át kell rostálnia a családnevek egész tömegét, és ki kell választani közülük az egyszerű és használatra alkalmas 50 ezret. Ezután e különleges bizottság által kiválogatott és elfogadott családneveket speciális katalógusban közzéteszik, és ahogy remélhető, ki-ki az *Andersonok* és *Karlsonok* közül él az alkalommal, és ellátja magát egy teljesen új, *kibernetikus* családnévvel.

A logika problémáiról olvasgatva megtudtam, hogy érdemes kidolgozni egyfajta *szürke*, a *fekete-fehértől* eltérő, az *igen-nem* elvén működő logikát. Úgy látszik, vannak tudósok, akik állítják, hogy *a korszerű digitális számítógépek az elemi formális logika fémből való megtestesítői.* E tudósok azokat a fiziológiai tényeket ajánlják, amelyek lehetővé teszik a kevésbé logikus, de okosabb gépek megalkotását.

Ma a számítógépekkel és a kibernetikával kapcsolatos általános megszállottság, mondjuk egyhébben, meghajlás korában, valahogy tán biztatóbban hangzana az, hogy nem minden *számítógépesíthető*, s nem minden rendelhető alá a kibernetikának.

Nemrég a francia *A. Le Roi Ladory Egy évezred klímája* című, igen érdekes könyvéből érthetővé vált, hogy az éghajlatok változásában valóban van valamiféle ritmus, de az nem *periodikus*,

s nem puhatolható ki a kibernetika segítségével. Általában korunk természettudománya olyan feladatokat vet fel, amelyek a szisztematika alkalmazását követelik meg, vagyis a nem irányított és nem irányító (a kibernetikától független) rendszerekkel kapcsolatos tudományét.

Az utóbbi időben a kibernetikai irodalomban gyakran fellelhetők az amerikai *Marwin L. Minsky munkái.* Mind gyakrabban és gyakrabban idézik műveit is, elégge tartósan elfoglalja a népszerű-tudományos könyvek oldalait.

Az intellektualitásról *„úgy egyebek közt"-stílusban* így ír: „Amikor mesterséges intellektusról beszélnek, a gépeket és hozzájuk olyan programok létrehozását veszik számításba, amelyek képesek azon feladatok megoldására, amiket mi intellektuálisaknak tartunk.

Egy mesterséges intellektus meghatározása, természetesen függ attól, milyen tevékenységet tartunk mi intellektuálisnak. Az intellektualitást csak egy megfigyelési feladat meg nem értési fokához viszonyítva lehet meghatározni. Ma egy feladatmegoldási módszer végig világos, felesleges olyan misztikus tulajdonságot testálni rá, mint az *intellektualitás.* A matematikusok többsége valami hasonlót érez a matematikai eredményekkel kapcsolatban: nehezen tartható az az érzés, hogy egy tétel *mély*, amikor a bizonyítása végig érthető. A megértéssel együtt jár a veszteségérzet is.

Némely számítógépes program már demonstrálta azokat a lehetőségeket, amelyeket, ha az emberről lenne szó, intellektuálisaknak nevezhetnénk."

Csípős szavakat mondanak a tudósok nem csupán az okos gépek, hanem az okos emberek kapcsán is.

Egy angol tudós mondta:

— Nekem úgy tűnik, hogy a gondolkodó gép létrehozását szolgáló okok egyike a mi saját szellemi képességeink korlátozottsága.

Egy másik tudós pedig megállapítja a gép lehetőséghatárát. Bebizonyította, hogy egyetlen számítógép sohasem tud feldol-

gozni 10^{47}-nél több kétjegyű információegységet (a gép tömegének 1 grammjában 1 másodperc alatt).

Érdekes kérdés, hogy a létező legokosabb gép meg tud-e valaha is olyan feladatot oldani, amilyet *Edmund Low*, az író már 13 év óta pusztán tudásvágyból old meg. *Edmund Low* személyesen akarta kipróbálni az ételfogások gazdagságát és sokféleségét a New York-i éttermekben. Az étlapon ábécé rendben haladva végigkóstolt már 2500 ebédet, és eljutott a M betűig.

Az okos gépek, az okos gépek...

A Massachusetsi Technológiai Intézet könyvtárépülete előtt egy új lámpát állítottak fel, amit elláttak *mágikusgáz-kapcsolóval*, amely automatikusan bekapcsolja a lámpát a sötétség beálltakor. Amint azonban a lámpa kigyullad, az éjszaka megszűnik éjszaka lenni, és a mágikus gáz kioltja a lámpát. A legutóbbi adatok szerint a lámpa szüntelenül és fáradhatatlanul villog alkonyattól hajnalig.

Nagy port vert fel a Columbia Egyetem professzorának, *Mortimer Taube-nak* a *Számítógépek és értelmes gondolat* című könyve. Akkor, amikor mindenki, szó szerint mindenki, dicséri a kibernetikát és mindazt, ami azzal kapcsolatos, ő le merte írni:

„A *modellezés* kifejezés, ami gépek vizsgálatakor fordul elő, majdnem annyi nyugtalanságot kelt, mint az *agy* meghatározás. A modellezés megengedi a rokonság bizonyos fokát (az eredeti és a modell között), de ami fontosabb, lehet nem teljes vagy absztrakt is. Például lehet egy font sajtot modellezni, a másik mérlegserpenyőbe rakva egy fontnyi súlyt. Adott esetben a sajt súlyát modellezik, de nem az ízét, nem az illatát, nem tápláló sajátságát. Erre ellenvethetik, hogy a súly *alapvető* tulajdonsága a sajtnak, s ha azt gyorsan modellezik, a többi sajátosság elhanyagolható. Sajnos az agy modellezéséről szóló irodalom nagy része éppen ennek az ellenvetésnek a szellemében íródott."

Sajnálatos, hogy a Columbia Egyetem professzora is ironizál a maga ellenvetése szellemében. A gépi értelemről szólva a kibernetikusok nem raknak a mérleg egyik serpenyőjébe sajtot,

a másikba pedig egyszerűen súlyt. *Mi nemcsak az agy funkcióinak modellezését vesszük figyelembe, hanem azok reprodukálását is* — jelentik ki. Valóban, nehéz kimondani, hogy egy repülőgép nem a madár röptét modellezi, hanem repül. Az elektronikus gép sem modellezi a sakkjátékot, nanem játszik.

Hogyan viszonyulok én magam az okos gépekhez? Történettel válaszolok.

Angliában, mint sok más országban, az összes lehető számlakivonat készítéséhez speciális gépeket használnak. Az egyik vállalkozó egy ideig nem vette igénybe a városi villanyerőmű energiáját (saját dinamót állított be). Emellett azonban mégis kapott számlát az elektronikus könyvelőtől. A számla teljesen igazságos: vagyis 0,00 font sterling. Miután az ilyen számlát értelmetlenség kifizetni, a vállalkozó a szemétkosárba hajította. Nemsokára jött a második számla, utána a harmadik: lenyegető figyelmeztetésekkel. Akkor a vállalkozó elküldött egy csekket 0,00 font sterlingről. A gép megnyugodott.

Ha ez nem ész, akkor kifogástalan logika.

A GÉP BESZÉL, RAJZOL ÉS ZENÉT SZEREZ

Ember — gép párbeszéd

Ember: Örült-e Ön a ma délutáni esőnek?
Gép: Nem, inkább kedvelem a napos időjárást.
Ember: Meleg időben legalább napi egyszeri fürdőre szüksége van az embernek.
Gép: Igen, éppen az utcán voltam, és elpilledtem a hőségtől.
Ember: Majd ha jön a karácsony, lesz hideg idő.
Gép: Hideg idő? Igen, általában fagyni szokott decemberben.
Ember: Ma derült idő van. Vajon sokáig tart majd?
Gép: Hadd ne lódítsak! Az jobban illik egy kereskedőhöz. Mégis, hogy lehet az esős idő derült?

Így válaszolt az emberi kérdésekre az egyik számítógép, amelyen *Berkeley* kanadai tudós dolgozott.

A grúziai Nyelvtudományi Intézet fonetikai kísérleti laboratóriumában pedig egy elektronikus gép, amit grúz szavak és kifejezések kiejtésére tanítottak be, az orosz beszédre való hangolásakor jellegzetes kaukázusi akcentussal kezdett el beszélni.

Még csodálatra méltóbb, hogy egy amerikai gép, amely hallás után 16 szót különböztet meg és kiválóan működik, a női hangot nehezen érti. A kiejtésbeli hanyagságot általában nem tűri el. Érdekes az is, hogy a gép szalagján a női hang lényegesen több helyet foglal el, mint egy férfié.

Az elektronikus gépekkel nem úgy beszélünk, ahogy nekünk

tetszik, hanem úgy, ahogy azoknak alkalmas: a gépek nyelvén, a programok nyelvén. Ez ideig nem tanították meg egyébre őket. Egy mai ember-gép társalgás éppoly bonyolult, mint két olyan ember beszélgetése, akik különböző nyelvet beszélnek, s a szótárt kivéve nincs semmi a kezük ügyében.

Claude Shannont, azok egyikét, akiknek a munkái révén a kibernetika létrejött, e probléma izgatja legjobban. A dolog úgy áll, mondja, hogy értelmünk szülöttei egészen másképpen gondolkodnak, mint mi— vagyis szigorú logikával, minden metafora és asszociáció nélkül. Ezért nem érthető számukra egyetlen élő nyelv sem: az nekik túlságosan képszerű. Szinte majdnem minden köznyelvi kifejezés többféle módon értelmezhető, a gép azonban egyelőre nem képes arra, hogy egy kifejezés jelentésváltozatai közül az éppen kellőt emelje ki.

Micsoda kényelmetlenség! A gépnek parancsolni sem lehet! Hanggal utasítani sem tudjuk, a kódolt beszédre időt kell fordítanunk! Pedig mennyire szükségünk lenne olyan gépekre, amelyek hallgatnak minden szavunkra.

Az ilyen gépek megkönnyíthetnék a gépírónő és a tolmács munkáját is, leírnák és lefordítanák a hallott szöveget. Hangutasításra aritmetikai műveleteket végeznének. Működhetnének ilyen gépek az iparban, az építőiparban s a közlekedésben. Akkor majd mindenkinek szóba kellene elegyednie a gépekkel, meg kellene tanulni a velük való társalgást, sőt a parancsolást is.

Már elértük a probléma megoldásának küszöbét. Az ember beszélni és a beszédet érteni tanítja a gépet. Az ember a maga hétköznapi nyelvén kezd társalogni a géppel.

A gépnek nem csupán a közvetlen hanginformáció befogadását kell kódolás nélküli formában elsajátítania, hanem úgy kell kifejlesztenie nyelvezetét is, hogy az az emberi nyelvhez váljék hasonlóvá. Vagyis a gépnek olyan valamivel kell rendelkeznie, amit mi nyelvérzéknek nevezünk.

E célból el kell hárítani az emberi és a gépi nyelv közti ellentmondásokat, vagyis egyrészt a szabadság, a hajlékonyság és

a szemléletesség, másrészt a pontosság és az egyértelműség közti ellentmondást.

Amikor a géppel beszélünk, szavaink, hangjaink kódolva kerülnek át a külső — nem gépi — környezetből a gép belsejébe, s amikor a gép válaszol, megfordítva — a belső közegből a külsőbe.

Mi is zajlik le a gép belsejében?

A hangrezgések elektromosakká alakulnak át, mint egy közönséges mikrofonban. Ezek a rezgések különleges szűrőkön áthaladva frekvencia szerint rendeződnek, majd a jeleket a gép memóriaegysége összeveti az őrzött szavak *modelljével*.

A gép ma már képes néhány száz hangutasítást befogadni. Kevés? Nyilvánvalóan. Hiszen ez csupán a gép gyermekgügyögése. Hamarosan eljön az az idő, amikor felnőttként kezd el beszélni.

A gép ma még *Gogol* Petruskájához hasonlít, aki annak örvendezett, hogy *a betűkből mindig valamilyen szó jön ki*. A gépnek azonban meg is kell értenie a szavakat, vagy — mint mondják — fel kell ismernie a beszéd fordulatait. E feladat a nehezebb.

Amerikában nemrég kipróbáltak egy programot, amit SIR-nek neveztek el. Segítségével a géptől választ tudtak nyerni a következő kérdésre: *Hány ujja van Johnnak*? Sok időt és erőt fecséreltek el arra, hogy egy ilyen egyszerű kérdésre feleletet kapjanak.

Nálunk még 1963-ban egy fiatal tudós, *Andrej Jersov* — aki a Szovjetunió Tudományos Akadémiája szibériai egységében a Számítástechnikai Központ programozó osztályának vezetője, a tudományok doktora és a programozás neves szakembere — azt javasolta, hogy meg kell teremteni az ember és a gép közti sajátos *dinamikus szövetséget*. A tudós ezt a következőképpen fejtiki.

Tételezzük fel, hogy a gép ismer valamilyen bemenő nyelvet, amely, mondjuk, az orosz nyelvnek egy eléggé tartalmas formalizálása. Az ember, aki nem ismeri ezt a bemenő nyelvet, az általa megszokott és alkalmas formában fordul a géphez. Az elektronikus gép a betáplált program alapján eldönti, érthető-e

vagy sem a közölt szöveg. Ha igen, megkezdi a feladat teljesítését. Ha nem, akkor a gép, miután kiemelte a számára nem világos helyeket, a kérdések sorozatát teszi fel. Az ember újból a neki megszokott módon beszél, ahogy azt az adott pillanatban a legmegfelelőbbnek tartja, s a homályos kérdéseket a gépnek *más szavakkal* fejti ki. A gép, miután megkapta e körülírásokat, behelyezi a szövegbe és újból analizálja őket.

Ha valami még mindig nem világos számára, még egy kérdéssort tesz fel, és ily módon az ember és a gép között párbeszéd alakul ki. E dialógus eredményeképpen az ember mindinkább leegyszerűsíti a feladat megformálását, míg az teljességében érthetővé nem válik a gép számára.

Egy ilyen társalgást esetleg össze lehet vetni a tanító és a lusta diák párbeszédével. A tanuló semmiképpen sem akarja felfogni, mit szeretne belőle kiszedni a tanító, és mindaddig kérdéseket tesz fel, amíg a tanító mindent a szájába nem rág. Csakhogy az ember és a gép dialógusa esetében minden lényegesen bonyolultabb. Itt az ember alkalmazkodik a géphez, s így az ember és a gép mintegy *megszokja* egymást.

Előfordulhat azonban, hogy a gép nem úgy értelmezi a feladatot, mint az ember.

Nézzük meg, hogy zajlik le ez egy átlagos, „nem beszélő" gépben? Amikor az ember először megy oda hozzá a programmal, egyáltalán nincs meggyőződve arról, hogy a program teljes egészében megfelel-e az adott feladatnak. A gépi program beállításának folyamata ez, lényegében ugyanaz az ember-gép párbeszéd, csak más formában. A gép korrekciós megállásai a feladat meg nem értésének jelei. A javítások, amelyeket beviszünk a programba, az eredeti szöveg átfogalmazása, vagyis arra való törekvés, hogy a gép mégiscsak megértsen bennünket.

Térjünk vissza azonban a tanító és a diák analógiájához. Amikor a tanító új feladatot ad a tanulónak, nem sajnálja a szót, hogy pontosan megmagyarázza a feladat értelmét. Amikor azonban a tanító ismételten feladatot ad, feltételezi, hogy a tanuló egyáltalán nem tesz fel kérdéseket, vagy olyanokat kérdez, ame-

lyek csak az új anyagnak az előbbitől való eltéréseire vonatkoznak.

Az ember és a gép együttműködésében el kell érni azt, hogy a gép minden egyes feladat megoldása után egyre értelmesebbé váljék, s hogy hasonló feladatokat kapva ne tegye fel ugyanazokat a kérdéseket. Más szóval arra van szükség, hogy a gép elektronikus emlékezetében megőrizze az emberrel lefolytatott társalgások *jegyzőkönyveit*, és új ismereteit a további munka során felhasználja. Kiváló tudósunk ezen érdekes módszere semmi egyéb, mint a gép megtanítása az emberi nyelvre.

Kidolgoztak olyan speciális rendszereket, amelyek telefon útján fogják fel az információt, s a feldolgozás után telefonon adják meg az eredményt. Az egyik rendszerben a gép 250 szót ismer fel. A tudósok bíznak abban, hogy a közeli jövőben 1000 szóig tudják bővíteni e szókészletet.

A Szovjetunió Tudományos Akadémiája információátvétellel foglalkozó intézetében és számítóközpontjában olyan berendezéseket dolgoztak ki, melyek segítségével végrehajtották az első gyakorlati kísérletet; egy gázvezeték optimális paramétereinek kiszámításához az adatokat élőszóval táplálták be egy gépbe.

Remény van arra, hogy a jövőben az elektronikus számítógép és az ember közös munkáját *beszédkapcsolatban* szervezhetjük meg. Akkor majd az ember úgy irányítja a gép munkáját, hogy „*bedobja*" neki a munkamenettel kapcsolatos új ötleteit, a gép pedig, ha kell, tud majd *panaszkodni* is az így felmerülő nehézségek miatt, és elmagyarázza az embernek azt, hogy az egyes problémák megoldása közben milyen akadályok merültek fel.

Amikor a gép elsajátítja az emberi nyelvet, az embernél bizonyára lényegesen gyorsabban át fogja *alakítani* az emberi beszédet. És előállhat az a helyzet, amelybe *Anatole France* került, amikor egy gyorsírónő jelentkezett nála munkára.

— Uram — mondta a fiatal lány — , percenként százötven szót tudok leírni.

— Ez igen, de hát honnan vegyek magának annyi szót? — kérdezte csodálkozva az író.

Hol vesznek majd az emberek annyi szót, hogy kielégítsék a gyorsan működő beszélő automatákat? Nem fognak-e a gépek tiltakozni a hosszas veszteglés miatt?

Sok probléma vetődik fel, ha egy olyan elektronikus agyat képzelünk el, amely *beszédkulccsal* működik. A gépeknek módjuk lesz arra, hogy ne csak az emberrel, hanem egymással is érintkezzenek. Egyik gép utasítani tudja majd a másikat, sőt még az embert is.

Az embernek hang útján utasítást adó gép lélektanilag nem egy és ugyanaz, mint az embertől valamilyen tevékenységet némán követelő gép. A mérnöki lelkületnek van min elgondolkodnia az ilyen helyzetekben. Máig sem tudtuk megszokni az élettelen elektronikus zenét. Milyen lesz az, amikor az élettelen géppel való társalgáshoz kell hozzászoknunk?

Mostanáig egyedül az emberek voltak a beszéd művészetének a birtokában. Segítségével tökélyre vitték a kölcsönös megértés fokát. Néha a megértés magas színvonala mutatkozik meg az állatok és az ember között is. A kutya például gyakran lényegesen jobban megérti az embert, mint egy másik kutyát.

Most e kölcsönös megértés világába belép a gép is. Belép, s nem némán, hanem első szavaival! Nem szabad azonban elfelejteni, hogy azok kiejtésére az ember tanította meg!

A gépi nyelv

A nyelv az emberi érintkezés legfontosabb eszköze, s a nyelv az ember különleges tulajdonsága. És a gépi nyelv?

Igen, van gépi nyelv, sőt ez fejlődik, és tökéletesítése sok bonyolult feladatot állított a tudósok elé.

Az évszázadok folyamán a szellemi eszközök elsősorban a *memória* és a *hírközlés* eszközei voltak; ezek csak erősítették az agynak azt a képességét, hogy a beérkező információt tárolja, és továbbítsa az érzékszervektől az izmokhoz, vagyis az érzékelő szervektől a végrehajtókhoz. Mindkét funkció — a memória és

a hírközlés — szorosan összefonódik: az egyik időbeli információáramlás, a másik térbeli. Mindkét funkció mintegy passzív jellegű: az információt csupán tároljuk és továbbadjuk, de nem vetjük alá aktív, céltudatos feldolgozásnak.

Már az a kis ág, amit valamelyik mammutvadász lehajlított, hogy a visszaútra emlékeztesse vagy hogy útját társai számára megjelölje, memóriaeszköz volt, vagy éppen a hírközlés eszköze, s következésképpen szellemi eszköz.

Később olyan memória- és hírközlő eszközök jelentek meg, mint az írás, a könyvnyomtatás, a fényképezés, a távíró, a telefon, a hangrögzítés, a mozi, a rádió és a televízió. Nélkülük egyáltalán nem képzelhető el a modern civilizáció.

A memória és a hírközlés mindezen eszközeiben az információátvitelhez szimbólumokat, jeleket használnak, azaz kódokat, sajátos nyelveket, különböző érintkezési és gondolatközvetítő eszközöket alkalmaznak.

Köznyelven az összeadás egyik törvénye így hangzik: *az összeg nem függ az összeadandók sorrendjétől.* Ugyanez a törvény leírható így is: $a+b=b+a$. Az előbbi esetben 41 jel szükséges a törvény megfogalmazásához, a másodikban pedig csak 7, majdnem 6-szor kevesebb!

A szimbólumnyelvben a jelek még az ember tanulmányozta tárgyakat, azok sajátosságait, viszonyait és a velük végzendő műveleteket is jelölhetik. Más, amikor egyszerűen azt olvassuk, hogy: víz, és ismét más, amikor a H_2O képlet áll előttünk.

Az ember új szellemi eszközei, a számítógépek, tökéletesebb eszköznek bizonyultak. Számukra természetesen új kódra is szükség volt: a saját nyelvükre. Ez egyrészt egyszerűnek bizonyult, másrészt viszont sokkal bonyolultabbnak, mert sokféle funkciót kellett teljesíteni, olyanokat, amelyeket eddig nem ismertünk. E gépek az információt nemcsak egyszerűen tárolják és közvetítik, mint korábban, hanem aktívan, célirányosan is feldolgoznak. Ez teljesen új minőségű jelenségekhez vezetett!

Nem véletlenül írta nemrég *John Bernal*, az ismert angol tudós: „Most a számítóberendezések és azok kódjai testesíthetik

meg anyagilag teljesen új formákban az emberi gondolatot, s pótolják bizonyos mértékig a nyelvet. Fejlődésükben még tovább is tudnak lépni a nyelvnél."

Vajon mit jelent e félelmetes nyelv?

Szeretném megjegyezni: itt az ember—gép párbeszédtől eltérően az ember és gép érintkezésének kissé más megközelítéséről van szó.

A gépi nyelv az információcsere eszköze az emberek és gépek, valamint gépek és gépek között. Innen adódnak a vele kapcsolatos követelmények: a pontosság, a rövidség, a tömörség, a fogalmak egyértelműsége. A természetes nyelvek éppen a bennük foglalt szavak több jelentése folytán nem alkalmasak a gép számára. Ezért foglalkozik a mai nyelvtudomány és a logika kiterjedt ágazata a gépi nyelvek létrehozásával.

A gép olyan formalizált, jelrendszerű nyelvet követel, amelynek segítségével pontosan és konkrétan átadható bármely információ.

Hány szimbólummal (minimális mennyiséggel) közvetíthető bármilyen közlés? Úgy tűnik, elegendő kettő; mint a morzeábécében, ponttal és vonással leírható bármilyen szöveg. A pontot és vonást lehet pótolni más jellel, pl. nullával és egyessel, vagyis a kettes számrendszer jeleivel.

E rendszer lehetőségei az embereket régóta izgatják. Különösen sokat foglalkoztak a kettes számrendszerrel a 16-18. századtól kezdve. *Leibniz* kérésére a *diadikus rendszer* (így hívták akkor a kettes számrendszert) tiszteletére még érmét is verettek. Számtáblázat volt rajta, és a rendszerrel végezhető legegyszerűbb műveletek ábrázolása. Az érme peremén szalagfelirat volt: *Ahhoz, hogy a semmiből mindent kihozzunk, elegendő az egyes.*

Ezután csaknem két évszázad alatt egyetlen tudományos munkát sem adtak ki erről a témáról. A kettes számrendszerről a kibernetikával összefüggésben beszéltek ismét, mivel igen jónak bizonyult a gépi nyelvek leírása számára.

A kettes számrendszer két szimbólumát használni nagyon kényelmes. Az elektromos áram segítségével minden egyes jel lead-

ható és leírható. A morzeábécében a jelekot az áram áthaladási idejét változtatva írják le (pont, vonás). A számítógépekben a jelek amplitúdóját változtatják meg. Nincs jel — nulla. Van jel — egy. Ez a módszer nagyon megfelelő: a jel hiányára vagy létére a gép pontosan reagál.

A kettes számrendszerben minden helyi érték két egysége adja a következő helyi érték egységét. A kettes és tízes számrendszer alkalmazását a következő példa világítja meg:

„Már az alsóbb osztályokban egészen értelmes fiúnak bizonyult. Azokkal a feladatokkal, amelyeket a vele egykorúak fél óra alatt oldottak meg, ő mindössze 101—110 (5—6) perc alatt megbirkózott. E rendkívüli ésszel és kifogyhatatlan energiával megáldott szerencsefi a határidőnél egy évvel előbb végezte el a főiskolát, azaz 11 (3) év alatt, és 10 100 (20) éves korában tudományos-kísérleti laboratóriumot vezetett."

De más a számok leírása és megint más a legkülönbözőbb feladatok megoldása!

Ha azt akarjuk, hogy a számítógép matematikai feladatot oldjon meg, akkor azt a hétköznapi nyelvről a gépi *utasítások* nyelvére le kell fordítani, és bitprogrammá kell összeötvözni. Az utasítások meghatározzák a gép összes tevékenységét, s megadják valamennyi számítási folyamat leírását.

Más szóval a gépi nyelv a feladatmegoldások algoritmusainak leírására szolgáló formális nyelv, amely tekintetbe veszi azt, hogy ezeknek az algoritmusoknak a számítógépen kell realizálódniuk.

A baj ott van, hogy az ember és a gép közti szakadék áthidalására nagyon sok gépi nyelvet teremtettek. Ahhoz, hogy azokat a feladatokat, amelyeket az egyik gép számára kialakítottak, átadhassák egy más konstrukciójú gépnek, a programozók kénytelenek azokat átprogramozni. Ez újabb munka- és időveszteség!

Képzeljünk el egy számítóközpontot, amely nem sok berendezéssel dolgozik. Azon a napon, amikor ezt a számítóközpontot bővítik és lecserélik a berendezést, használhatatlanná válik a gép nyelve is.

Ugyanezt figyelhetjük meg egy olyan számítóközpontban is, ahol különböző típusú gépek dolgoznak: mindegyiknek megvan a maga nyelve, vagyis különböző nyelven *beszélnek*, és *nem tudják* a feladatokat kicserélni. Itt szó sem lehet rugalmasságról a munkában!

Mióta számítógépek léteznek, majdnem 4700 mesterséges gépi nyelv jelent meg! COBOL, FORTRAN, JOVIAL, ALFA, ALCOPOL, APZ, MATEMATIQ... És hosszú lenne felsorolni a többi 4693-at.

A tudomány azonban egységes nyelvet teremtett, az ALGOL-t. Szerzői azt állítják, hogy a világ összes gépei e nyelven fognak beszélni.

E nyelv nem egy csapásra jött létre. Az előkészítő munka sokáig tartott. Végül 1958-ban Zürichben nemzetközi konferenciát hívtak össze. Csupán 1960-ra hozta létre a számítástechnikával foglalkozó nemzetközi szervezet a maga munkacsoportját, amely a nyelvbeli hibákat javította, kiiktatta a nyilvánvaló kétértelműségeket, közérthetően megfogalmazta, azaz tökéletesítette a ma számunkra *ALGOL*-60 néven ismeretes *algoritmikus nyelvet.*

E gépi nyelv leírásának mottója: „Ami egyáltalán elmondható, az elmondható világosan is; amiről pedig beszélni nem lehet, arról hallgatni kell." (*Ludwig Wittgenstein — Révész György* fordítása.)

Ezért van a nemzetközi kibernetikai nyelvben mindössze 500 szó. Ezek speciális utasítások, amelyek a gép vezérléséhez szükségesek. Összes változatuk a *begin* (vagyis a munka kezdete) és az *end* (a vége) szavak között foglal helyet.

Ebben a nyelvben, mint mindenféle nyelvben, vannak betűk, számok, van mondattan, jelentéstan. Van azonban sok gépi sajátosság is. Közel áll a szokásos matematikai formulázáshoz, alkalmas a gép által gépi nyelvre való fordításra. Sajnos azonban csak szakemberek érthetik meg, vagyis a hivatásos programozók.

Kétségtelen, hogy nem lesz mindig így. Hamarosan nem győz-

zük a gépek seregét közvetítőssereggel. Ezért kell gondolkozni a gépi nyelv jövendő sorsáról.

A gépi nyelvvel kapcsolatban is nehézségek jelentkeznek. A gépek cserélődnek, a számítási eljárások tökéletesednek. A számítógépek alkalmazási területei kibővülnek. Ezért nem lehet a gépi nyelv megcsontosodott, holt valami. Élnie s fejlődnie kell.

Hovú vezethet e fejlődés?

A bennünket körülvevő élet összes jelensége, a kultúra és a tapasztalatok hatnak a nyelvre. A nyelv szoros kapcsolatban van az ember szellemi tevékenységével. A nyelv összekötő láncszem a társadalom és az ember között. Ebbe a szférába most bekapcsolódik a gép.

V. M. Gluskov akadémikus szerint a szimbólumok és a közlük levő összefüggések a matematikában bizonyos mértékig automatizálták gondolkodásunkat, megteremtették annak sajátos módját. Várható, hogy a számítógépeken a feladatmegoldás algoritmusai ugyancsak különös formájú gondolkodást szülnek, ami gazdaságos és sok tekintetben mély is lesz. Ez lassú, de sikerrel kecsegtető folyamat.

Nem foglalkozom itt a világnyelv összes problémáival. Csupán azzal az eggyel, amelyben bizonyára nagy szerepet játszik a kibernetika és a számítógép.

Az egyetemes nyelvnek különféle elméletei léteznek. Ilyen például a segédnyelv teóriája, a segédnyelv és az egységes nyelv, vagyis két egyetemes nyelv elmélete. Az egyetemes nyelv nemzeti nyelvekből való kialakításának elmélete. A nyelvek világméretű összeolvadásának az elmélete. Nehéz ma megmondani, hogy a kibernetika számára melyik figyelemre méltóbb a másiknál.

Az információrobbanás kapcsán szó volt arról, hogy az emberek nem tudják, hogyan birkózzanak meg az információ bőségével és többnyelvűségével a tudományban és a technikában. A tudósok kiutat keresnek a nyelvi káoszból, és újra meg újra felteszik önmaguknak azt a kérdést, hogy szüksége van-e a tudománynak egyetemes nyelvre? Régóta kapcsolódik e feladat egy

másikhoz: *az egzakt tudományok nyelvezetei, azok sajátosságai, jelentőségük és a hétköznapi nyelvre gyakorolt hatásuk.*

Némelyik filozófus bírálja azoknak a nézeteit, akik állítják, hogy a nemzeti nyelvek nem lehetnek az emberek közti érintkezés teljes értékű eszközei, és hogy a mai nemzeti nyelveket, az egzakt tudományok nyelvéhez hasonlóan, meg kell reformálni. E nézetekben azonban van valami abból a valóságos folyamatból, aminek ma mindannyian tanúi vagyunk. Egységes naptár, egységes mértékrendszer, egységes tudományos terminológia, közös kereskedelmi útvonalak, egységesített híradástechnikai és meteorológiai szolgálat, erőfeszítések a világűr meghódítására (a kozmikus térbe és más bolygókra való eljutás); kevés-e az ok a nyelvi egységhez? Egy matematikai kongresszuson magam figyeltem meg, milyen nagyszerűen megértették egymást tolmács nélkül is a különböző országokból jött emberek az előadások alatt.

Térjünk vissza azonban a gépi nyelvhez. Már ma látható, hogy a gépi nyelv elterjedése a gépek *megszelídítésére* vezet, s azok előbb vagy utóbb, a maguk módján sok embert arra *készteinek* majd, hogy jól ismerjék a gépek nyelvét. Ezért a gépi nyelv fokozatosan kezdi el a mindennapi emberi gyakorlatba való behatolását. A közeljövőben a gépek *ultranyelvet* követelnek maguknak, amely bármilyen feladathoz alkalmazható lesz. Bizonyára egy ilyen nyelv közérthető szavakat fog használni. Akkor majd fokozatosan eltűnik az emberi és a gépi nyelv közti szakadék.

Vajon nem lesz-e ez óriási ugrás a közös nemzetközi nyelv problémájának megoldásához vezető úton?

Az emberek bőkezűek. Könnyű szívvel nyújtják át a gépnek azt, amivel egyénileg rendelkeznek. De mihez vezethet az effajta bőkezűség? A jövő nyelve: ez a jelenkor problémája; teljesen nyilvánvaló, hogy a velük kapcsolatos vitába az elektronikus gépek is bekapcsolódtak. Még nem hallottuk tőlük a végszót. Mi lesz az? Nem kell-e az emberoknek beérniük egy nehezen érthető konglomerátummal, amely részben emberi, részben gépi nyelvből tevődik össze?...

A számítógép *irodalmi képességei* a program szigorúan előírt szabályai szerinti szó-és mondat-összeválogatáson alapulnak. Felhasználja a nyelvi szerkezet statisztikus elemzési eredményeit. Ez az elemzés teszi lehetővé a betűk és a két, három, négy és több betűből álló kapcsolatok ismétlődési gyakoriságának megállapítását az értelmes nyelvben. Különböző szövegek vizsgának mutatta meg, hogy az orosz nyelvben az ábécé betűinek előfordulási valószínűségére a következő ismétlődési gyakoriság jellemző: *a* — 6,2% *o* — 9%, *i* — 6,2%, *n* — 53,3%, *ju* — 0,6% és így tovább.

Egy urnában papírkártyák vannak. Mindegyikre egy betűt írtak. A betűk relatív mennyisége egybeesik az értelmes orosz beszédben való természetes ismétlődési gyakoriságukkal. Ebből az urnából a gép vaktában egyenként kiszedi a kártyákat, és egyiket a másik után helyezi el.

Az első gépi mondat:

Elnt cijaja orb uemloljk zbjaenvtsa.

Nincs itt semmiféle értelem, s a betűkapcsolatok csak távolról emlékeztetnek valamiféle mondásra. Ha azonban az urnát megtöltjük olyan kártyákkal, amelyeken kétbetűs kombinációk vannak, ismétlődési gyakoriságuk arányának megfelelő mennyiségben, akkor a gép valami olyat ír le, ami jobban hasonlít az orosz nyelvhez:

Umarono kacs vszvannij roszja nib kovkrov nyedare

Az ismétlődési gyakoriság számbavétele hárombetűs kombinációk esetén a következő eredményt adja:

Poká pot durnoszkáká nakonyepno znye sztvolovil sze tvoj obnyilj.

Itt a gép már teljes értelmű szavakat *poká*, *pot*, *tvoj* állított össze.

Majdnem egy orosz mondat adódik, ha az orosz nyelv struktúráját matematikailag tovább pontosítjuk, és számításba vesszük a négybetűs kombinációk ismétlődési gyakoriságát:

Veszel vratyszja nye szuhóm i nyepo i korko.

A nyelvi szerkezet pontosítása természetesen azzal az eredménnyel jár, hogy a gép számba veszi, milyen gyakorisággal ismétlődnek teljes szavak valamely szövegben. Akkor a gép használni tudja a szavakat, és attól függően, melyik lexikonból vette őket, mondatokat tud összeállítani.

A folyamat általános elve a következő:

Veszünk egy tetszés szerinti regényt, és kiválasztjuk benne azelső adódó szót. Azután addig lapozzuk az oldalakat, míg az általunk választott szót megtaláljuk. E mellé a szó mellé azt a szót írjuk le, amelyik utána következik. Aztán kikeressük e szót a következő szövegben, és leírjuk az utána következő szót. És így teszünk mindaddig, amíg valamiféle szöveget nem kapunk.

Íme, itt egy példa az effajta válogatásra.

Golová i pered lobovoj atakoj na anglijszkovo piszáteljá sto harakter etovo punkta javljaetca szledovátyeljno inoj metod dlja bukv sto vremjá tyeh dázse obszuzsdáty problému nyeozsidannovo.

Már az első ránézésre is kitűnik valamilyen gondolat e mondatban. De hiszen ezt egy, a nyelv statisztikus törvényeinek alávetett mechanikus folyamat segítségével nyertük. A hanyagul összekapcsolt szavakba szabályszerűséget vittünk.

Akaratlanul tesszük fel önmagunknak a kérdést, nincs-e ebben lehetőség arra, hogy a gép irodalmi alkotást hozzon létre? Lehetséges-e, szabályokkal felvértezve, a szavakból irodalmi kombinációt összeállítani?

Az orosz nyelvben körülbelül 500 ezer szó van. A leginkább használt szavak száma mindössze 2000—2500. Még *Puskinnak*, az orosz nyelv kiváló ismerőjének és mesterének irodalmi nyelvében sem volt meg valamennyi, csak 21 197 szó. A tudósok rájöttek, hogy a leggyakrabban 100 szó fordul elő, ami a beszélt és írott nyelvnek 20%-a. 1500—2000 már 85%-ot tesz ki. Annak a valószínűsége, hogy a többi sok tízezerrel találkozunk, még a 15%-ot sem éri el.

Még *Descartes* mondta:

— A szavak az ábécé betűiből állnak, a mondatok szavakból, amelyek szótárban találhatók, s a könyvek is mondatokból, amelyek fellelhetők más szerzőknél. Ám, ha az, amit kimondok, tartalmas, és ily módon kapcsolatban áll azzal, ami egymás után következik, akkor megróhatnak engem mondataim másoktól való kölcsönzéséért, és szótárból vett szavaimért is.

1929-ben adták ki utoljára orosz nyelven *Cornelius Crooke Zöld almák* című regényét, mely több mint 628 kiadást ért meg! A regény szerzője a kiadók révén a 20. századi tehetséges írók rangjára emelkedett. Elmondja műve megírásának technikáját:

— Hogyan alkottam meg egy ilyen csodálatos regényt?... Hosszú időn keresztül magányos cellámban üldögéltem, mindentől, újságtól, könyvtől, papírtól megfosztva... Végül megsajnáltak, és egy csomó olyan regényt adtak oda, amelyeknek sem eleje, sem vége nem volt, és láthatóan különféle szerzőktől származtak. Akkor az ismeretlen szerzők műveiből lapokat tépdestem ki, és témám meseszövése szerint összeraktam őket. Örülök, hogy újítónak bizonyultam, aki a nagyszerű bestsellerek új alkotási módját tárta fel. Csupán olló és ragasztó kellett hozzá.

Milyen művekből állította össze e regényt az az író, aki maga egyetlen sort sem írt meg? Az író maga sem tudta, hogy egy számítógép irodalmi tevékenységét utánozta. A könyvet *Edgar Wallace*, *Maurice Heller*, *Mugro* és mások detektívregényeinek részleteiből állította össze. *Crooke* megdolgozta ollójával *H. G. Wells*, *Stefan Zweig*, *P. Stevenson*, *Jack London*, *Mark Twain* műveit is.

Cornelius Crooke-nak akadtak követői... Nemrég egy francia újságíró, *Patrick Tevenon* cserélte fel a tintatartót egy doboz ragasztóval, a tollat pedig az ollóval. Azután újság- és folyóirat- kivágásokból összeragasztgatta *A. A.* című regényét, amit a párizsi Tchou kiadó publikált. A szerző így nyilatkozott művéről:

— Mindig szerettem volna könyvet kiadni, de megírni nem volt vágyam. Ezért határoztam el, hogy könyvet ragaszok. Hős-

nőmmó színésznőt tettem meg, mert színielőadásokról sokat írok. A leghétköznapibb témát választottam: a hősnő szegény, végezni akar önmagával, de ez sehogy sem sikerül neki...

A Charlie nevű ló

Norbert Wiener, aki felkészülés nélkül tudott angolul, németül, franciául és spanyolul előadást tartani, folyékonyan beszélt kínaiul, dánul és olaszul, összesen mintegy 30 nyelven, azt írta: „Ami a gépi fordítást illeti, attól félek, hogy a szóhatárok a különböző nyelvekben rendkívül elmosódottak, az érzelmi és a nemzetközi szavak túlságosan nagy helyet foglalnak el a nyelvben ahhoz, hogy egy fél-gépi fordítási eljárás sokat ígérő legyen... Napjainkban a nyelv gépesítése, úgy vélem, idő előtti."

Már 1958-ban három elektronikus számítógép volt alkalmas műszaki szövegek fordítására. A legkorszerűbb a szovjet gép volt: 952 szavas szókészlettel rendelkezett.

A gép képes lenne 1 800 000 betűt leolvasni egy perc alatt, de ahhoz, hogy lyukkártyákkal lássák el, 12 ezer gépírónőre lenne szükség, akik 10 ezer betű/óra sebességgel dolgoznának. Azonkívül az ellenőrzésre és szerkesztési munkákra 10—12 ezer szerkesztő kellene, és még ugyanannyi gépírónő is. Még ha mágnesszalagokkal pótolják is a lyukkártyákat, megfelelő számú diktáló kell. Ebből következik, hogy csupán egyetlen fordítógépet egy 50—100 ezer lakosú város szolgálna ki.

Természetesen, az elmúlt évek alatt sok minden megváltozott a gépi fordításban. is. Egy gép ma lényegesen kevesebb embert vesz igénybe. Nehézség azonban mégis sok van.

Legfőképpen a torzítások. Mekkora az egyik nyelvről a másikra való fordítás pontossági foka? Francia nyelvészek elmés kísérlete kimutatta az eredményt, ami nagyon hasonlít egy rossz telefonnal való játékhoz. Tizennégy tapasztalt fordító egy kerek asztal mögé ült úgy, hogy mindegyik a jobb oldali szomszédja nyelvét ismerte. Az első fordító német volt, aki papírlapra leírt

egy mondatot: **A sörfőzés művészete ugyanolyan régi, mint az emberiség története,** és átadta a lapot a bal oldali szomszédjának. A szomszéd németről spanyolra fordította, másik lapra írta le, és szintén a bal szomszédjának adta át. Így haladt körbe a mondat, és mindenki a saját nemzeti nyelvére fordította. Végül, magyar nyelven jutott vissza a némethez. Az lefordította, és csodálkozva olvasta fel: **Ősidőktől fogva a sör az emberiség egyik legkedveltebb itala.** (Lásd még *Karinthy Frigyes Így írtok ti* című művét.)

A gép számára nagy akadályt jelentenek a nyelvjárások kifejezései. Az angol *charleyhorse* szót a gép *Charlie nevű lónak* fordítja, ugyanakkor az *lábikragörcsöt* jelent. A *foolproof* üzembiztos szó szerint *ostobától védettnek* fordítható.

Egy francia kifejezés: *Absoption comfortable des vibrations* szó szerint a rezgések kényelmes elnyelése, a valóságban pedig *lengéscsillapítást* jelent, *ami a kényelmes utazást biztosítja.* A *dos d'ánes* (kiemelkedő útegyenlőtlenségek) szó szerint *szamárhátaknak* fordítható. A *Coups des raquettes* (vertikális síkú lengések) szó szerint: *rakétafelszállások.*

Ha a gép a mondatok között botladozik, mit művel vajon olyan szöveggel, mint *Gogol Orr* című elbeszélésének a vége:

„... de különben is, mindamellett bizonyára megengedhető az is, a másik is, a harmadik is, sőt, lehet... na igen, és hol nincsenek képtelenségek? Pedig mindannyian, mégis, ha meggodoljuk, ebben az egészben, igaz is, van valami. Bárki bármit mondjon is, hasonló esetek pedig előfordulnak a világon, ritkán, de előfordulnak."

Hogyne emlékeztetnénk itt *N. Nyekraszovnak* a fordítási nehézségekről szóló szavaira: „Megközelítően visszaadni egy külföldi költő versét orosz verssorokkal sokszor nehezebb, mint közvetlenül oroszul írni egy verset."

A gépek ez idő szerint még nem képesek a bonyolult szövegek fordítására. A legegyszerűbb fordításokon dolgozva is sok hibát követnek el!

Így az első angol nyelvről oroszra fordított könyvben a követ-

kező mondatot találjuk: „... Ez nyilván azon feladatok széles kategóriájához tartozik, amelyek az erővel és a mozgással kapcsolatosak, olyan esetekben, amikor például a Jupiter vagy az elektron pályamozgását óhajtjuk tudni."

Egyszer a gép összekeverte az *ogyin* es a *dva* szavakat. És *dvuh* helyett *odnuhot* jelzett ki először, majd másodszorra *odnumot*.

A számítógép olyan hibát vétett, amit egy általános iskolás is szégyellne. Egy mondat nyelvtani elemzését végezte: „*A generális lánya könyvet olvasott.*" — így szólt a mondat. A gép a *generális* szót az igékhez sorolta, és még az igeidőt is megjelölte. A főnév orosz megfelelőjének véghangjait (la) gyakori igevégződésként látta. Természetesen a tudósok hibáztak, mivel nem ismertették meg a gépet azzal a nyelvi jelenséggel, amelyet a nyelvészek a ragozások hamis egybehangzásának, homonímiájának neveznek.

A gép az angol *Times* című lapból egy cikket fordított, amelyben az elektronikus számítástechnikai segítséggel végzett fordításokról volt szó. A gép eddig még nem találkozott a *vasfüggöny* szóval. „Eltűnődött", és kihagyva ezt az érthetetlen terminológiát, tovább folytatta a fordítást.

Egy másik eset. Az egyik amerikai gép *Sz. N. Vernov* akadémikus *A Világegyetem titkainak a megismerése* című cikke fordításakor felismerhetetlenségig elferdítette a cím értelmét: *Felfedezzük a titkos Világegyetemet.*

... Természetesen, az eltelt évek alatt sok minden megváltozott a gépi fordításban. A gép ma lényegesen kevesebb embert igényel. Nehézség azonban mégis sok van.

Gépi írásművek gyűjteménye

Az utóbbi néhány esztendő alatt a gépek nem hagyják félbe alkotócrőik próbálgatását. Az elektronikus versek és elbeszélések nem jelentenek újdonságot a hozzáértő olvasók számára. A

kibernetikai gépek megírtak már néhány szövegkönyvet és darabot. Jelentős sikerrel adtak elő gépi szviteket, himnuszokat és dalokat, mint például a *Gombnyomásos vezérlésű szép lányokat.*

A gép a matematikai absztrakciók értelmét grafikusan is meg tudta testesíteni.

Előbb a költők.

Az *RCA — 301* nevű gép megtanult szabad verset írni. A „költő" szókincse: 130 szó. A gép egy perc alatt 150 négysoros verset ír. Verseinek nem ad címet, csupán megszámozza őket.

A 027 számú vers

Míg az élet téves, túl sivár képeket alkot,
Míg az idő hasznos dolgok mellett lassan elhalad,
A csillagok még szomorún keringenek fönn az égen,
Az emberek nem képesek nevelni.

A 929 számú vers

Midőn az álom vakon úszott
a széttört remények felett,
A világűr fájón terült el
a széthullt szerelem felett,
Fényed lassan kiüzetett
a titokzatos emberekből,
És az ég sem nyugodott.

A költészet ismerői azt mondják, hogy e vers *Eliot* és *Cummings* költők verseire emlékeztet.

Íme, itt egy másik vers.

Az összes lány zokog, a szavuk néma hó,
A fekhelynél e lány nem sírni fog,
Várjátok a lényeget, ostoba szerelmesek,
de én csüggedt nem vagyok.
Botladozni, sóhajtozni, s menni, az a lány
vitorlán ment a kikötőbe.
Nem külsőséges, üde, néma csókok
s nem túlságosan nyersek.
Az a kislány gyengéd, s csendes.

Tapasztalt irodalmárok hasonlóságot lelnek benne a *divatos* fiatal költők verseivel.

E verset pedig a *General Pressigne Corporation* vállalat számítógépe írta.

Kérődzés,
nem kérkedés —
ez tehát az ölelés,
A bölcsődalok nagy
tekercse
a rovart diszkrétem megölte.
Oly parány a tudományotok,
s oly felületes.
Nefrit programozórecept
én meg nem leszek.

Amerikában egy inkognitóban levő elektronikus költő alkotó tevékenysége vált közismertté. A kritikusok szerint a versei *legalább annyira értelmesek, mint azok, melyeket a költők Greenwich Village kávéházaiban felolvasnak.* Sajnos egyetlen példányt sem tudok itt idézni. Mint a *Sunday Times* napilap írja, az egyik szakértő, aki a gépet irányította, kijelentette: A robot szörnyen trágár, és ez ellen mindmáig mit sem tudtunk tenni.

Most prózaírók lépnek fel.

A *MUC* nevű szerző a manchesteri egyetem elektronikus agya (Manchester University's Computer).

SZERELMES LEVÉL

Kicsi Kincsem! Meggyőző ragaszkodásomat csodamód vonzza gyengéd lelkesedésed. Szerető imádatom vagy Te, mellemet feszítő imádatom. Baráti érzületem visszafojtott lélegzetével várja drága türelmetlenségedet. Szerelmem áhítatát gyengéden őrzi sóvár lelkesedésed.

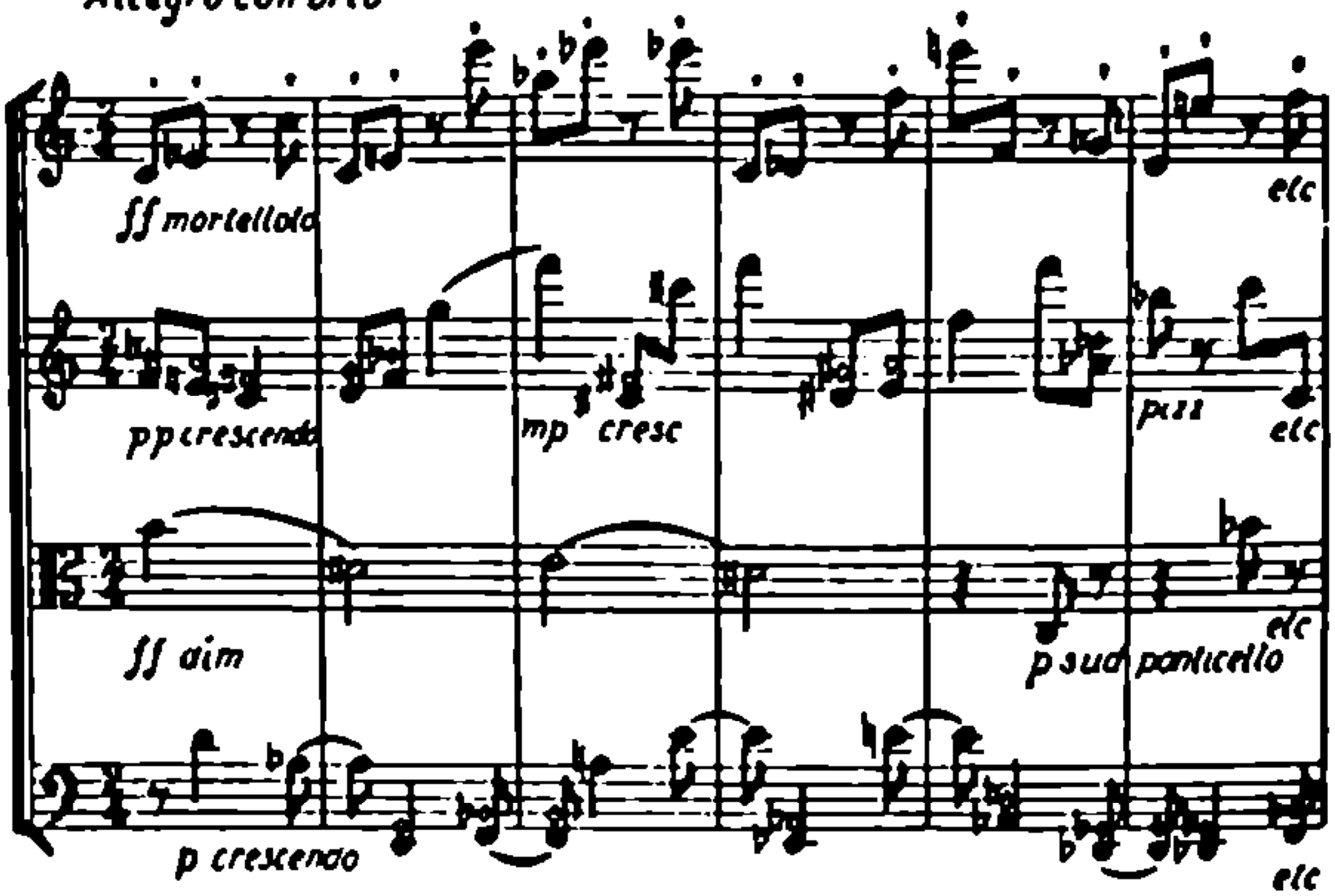
a Te bánkódó MUC-od

Egy másik szerző a francia *Caliope* gép.

ELBESZÉLÉSRÉSZLET

Az én horizontom csupán egy vörös ablakfüggönyből áll, ahonnan időnként nyomasztó hőség tör elő. Alig lehet megkülönböztetni a büszke és szörnyűséges asszony misztikus sziluettjét; egy tekintélyes hölgy ő, az évszakok egyike. Úgy látszik, búcsúzóban van. Semmi egyebet nem látok, és elindulok a függöny felé amit a kezem zavartan von félre. Lám, ott azon az oldalon különösen tragikus a kép, civetta kaparja a földet, mindkét oldalról madarak szállnak, a fák ágaira telepednek, melyek félig kiszáradtak. Itt van azonban egy teknősbéka is, mozdulatlanná dermedten: megérezte jelenlétemet. De miért borítja harmat? Egy kisfiú fut oda, párnás keze, komoly, s napbarnított arca egy ifjú hős alakját kölcsönzi.

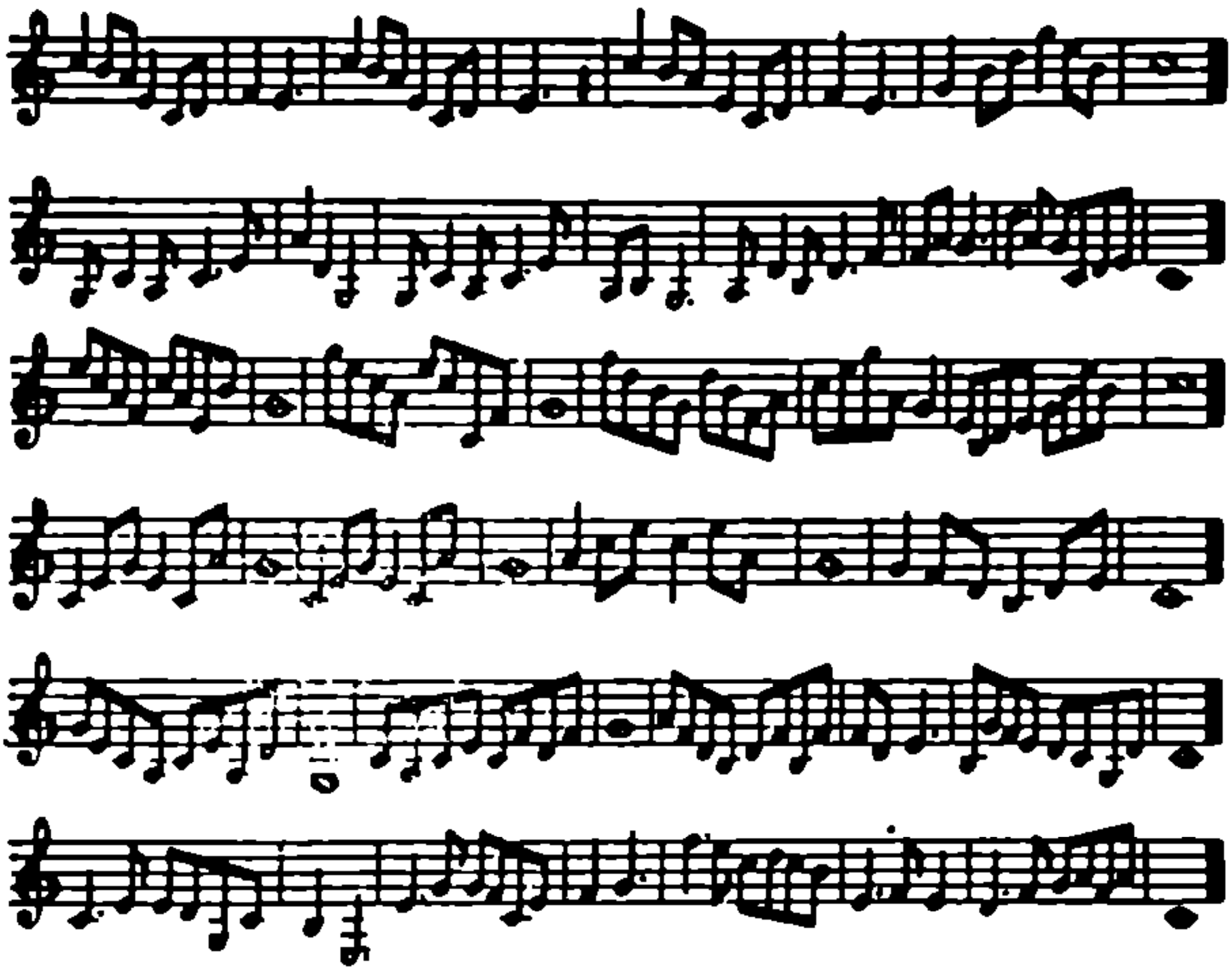
A gépi próza egyébként, akár a versek is, a modern próza iskolapéldái, szerfölött messze esik a valóságtól. Az összehasonlítás kedvéért idézek egy részletet *Marcelle Boileau* francia irodalmár *Egy hulla naplója* című gyűteményéből.


Allegro con brio
ff martellato
etc
pp crescendo
mp cresc
pizz
etc
ff sim
p sub ponticello
etc
p crescendo
etc

1. ábra

2. ábra

Nem oreszkodom, inkább esem, kőként esem a vízbe. A felszínon egy kör keletkezik, aminek a közepén ott vagyok én. Azután valami dühöngő természeti erő áthelyez, e kör szinére kerülök, és kénytelen vagyok újra átvágni rajta. Ds újból esem, s újra fölfelé úszom, és igy van mindaddig, míg emberi külsőt nem öltök. Minden egyes kör, amit alámerülésem képez, egy tágas korterem, ahol nekem, a lehetséges igyekezettel, amig az ol nem tűnik, ki kell választanom saját földi arculatomat.



3. ábra

Most pedig lássuk a zeneműveket.

Az USA-ban, az illionisi egyetem gépén, az *Illiacon* vonósnégyesre irt szvitvázlatot programoztak be. Az *Illiac-szvit* négy részből áll. Íme a harmadik tétel egy részlete (1. ábra).

A másik példa: egy dallam, amit a Harvard Egyetem gépe komponált (2. ábra).

A szovjet *R. H. Zapirov* sok munkát fektetett abba, hogy az *Urál* számítógépet a zene alapjaira és dallamkomponálásra tanítsa. Az ő *elektronikus zeneszerzője* a zenei miniatúrákból egy nagy ciklust komponált, amelyeket *Uráli motívumok* címen (3. ábra) fűztek egybe.

Hogyan értékelhetők? Pozitívan vagy negatívan? Nehéz a válaszadás. Iskolásoknak, zenehallgatóknak, tudományos munkatársaknak, matematikusoknak, zeneszakértőknek játszottak le néhány népszerű zeneszerző által, illetve elektronikus számítógép által komponált darabot. Ötös osztályzási rendszerben kellett értékelni minden egyes dallamot.

Az eredmény meglepő volt: a gépi zene minden kísérletnél magasabb értékelést kapott, mint a zeneszerzők dallamai.

A kísérlet egyik résztvevője a lapra ezt írta: *Az egész gépi muzsika, nem muzsika, nincs benne érzes...* A dallamok értékelésekor azonban ezt nem vallotta be, a gépieket részesítette előnyben.

Mindez azonban nem jelenti azt, hogy a gépi muzsika felváltaná az emberit. Ettől még igen messze vagyunk, messzebb, mint azok gondolják, akik elektronikus dallamok komponálási problémáin dolgoznak.

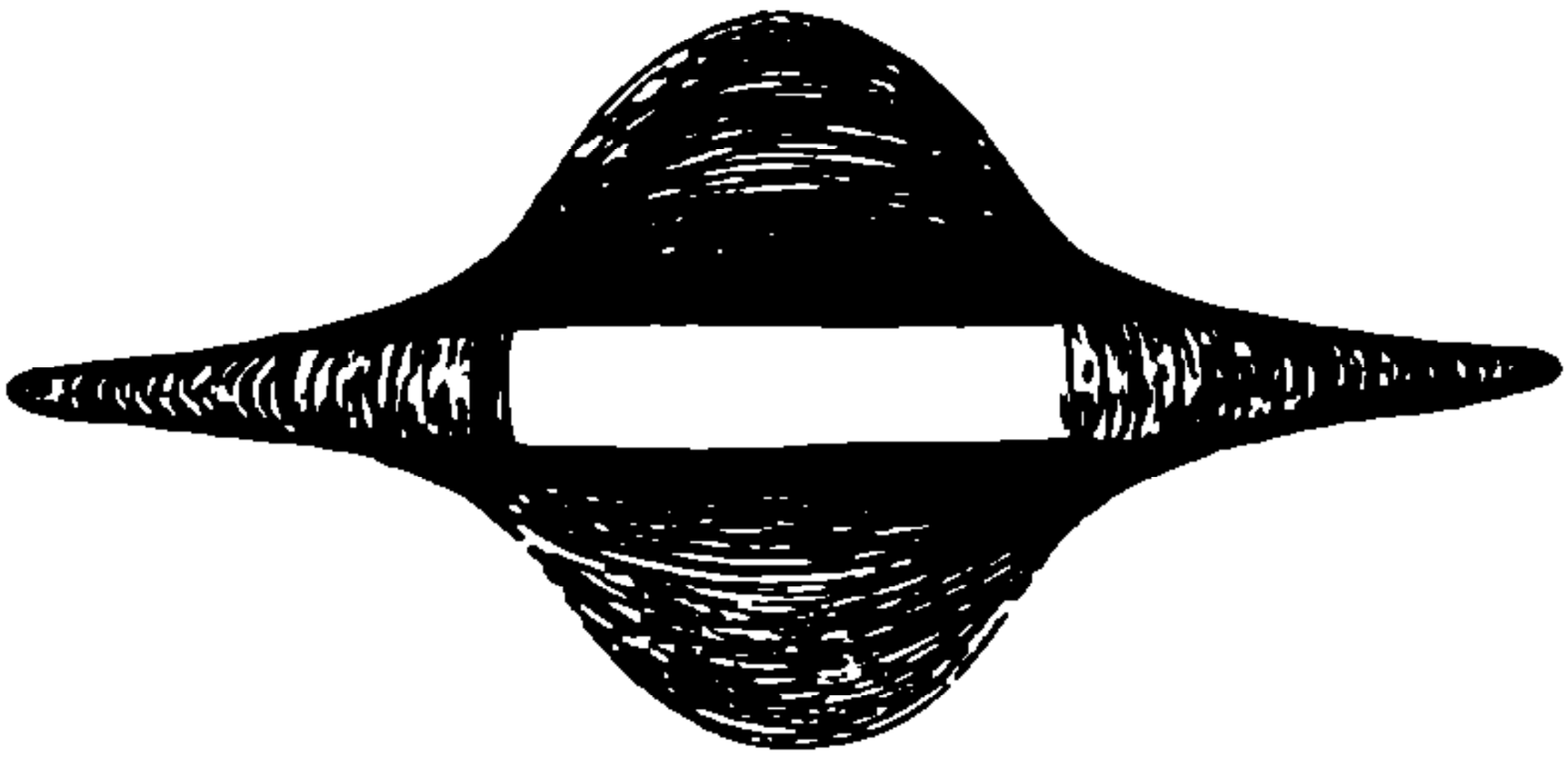
Az elektronikus grafikáról és festészetről

Az első bátortalan számítógépkísérletek teljesen megőrizték a matematikai szellemet, és az első gépi alkotások nem törtek ki a matematikai formák grafikai kifejezési kereteiből.

Bár, ha nem akarunk már túl igényesek lenni, akkor itt is észrevehetjük a szépség egyes jegyeit. Ne ejtsék zavarba az olvasót az egyes rajzok alatti aláírások, vagyis a matematikai képletek (4. ábra).

Idővel mint művészek, a gépek is tökéletesedtek. Ceruzájuk alól már nem bonyolult alakzatok, csillagok, törcsérformák, szigorúan szimmetrikus mozaikok, gúlák, cserépmintázatok kerültek ki, hanem emberábrázolások is.

Eleinte minden túl sablonos és primitív volt, mintha körzővel és vonalzóval rajzolták volna meg (5. ábra). Azután azonban megjelentek az *eredeti* portrék (6. ábra): egy asszony a gyer-



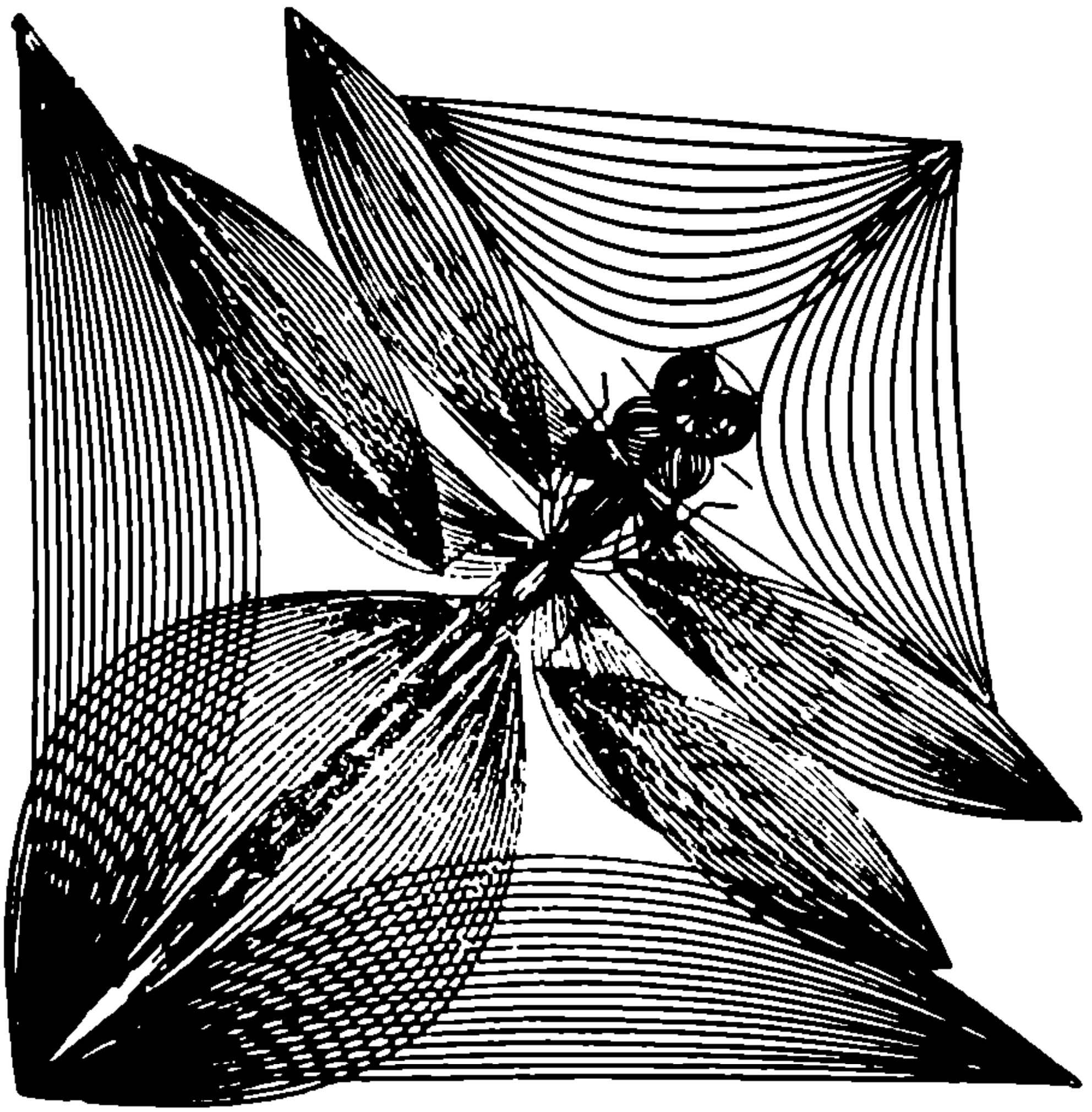
4. ábra

mekével, egy férfiarc. A gépek *lemásolták Bogdan Hmeljnyickij* kijevi és *Tyimirjazev* moszkvai emlékművét. Azután egy gyermekeknek való rajzsorozatot készítettek el, a gyermekek kedvenceit: nyulakat, kacsákat, macskákat, kutyakölyköket.

5. ábra

6. ábra

Mindezek fekete-fehér rajzok voltak. Később megjelentek a színes számítógéprajzok is. Japánban találkoztam velük először. A tudósok egy csoportja (a tokiói egyetem gépi matematika szakának professzorával együtt színes, 4 szitakötőből álló mintát készített (7. ábra.) Az éles vonalak harmonikus, kissé száraz összekapcsolódása után *Ukiyoc-nak* a japán művészeti hagyomá-



7. ábra

nyoknak megfelelő képét másolta le (8. ábra). Nemsokára egyéb fekete-fehér és színes gépi grafikákat is láttam, amelyek más gépeken készültek, más országokban.

A jelenlegi szakaszában a gépi grafika és festészet fő felhasználása alkalmazott művészet. Számítógép segítségével eredeti

8. Ábra

kereskedelmi jelzések, könyvekhez és folyóiratokhoz szokatlan fejlécek és címkék készíthetők. A számítógépek az értékpapirok, okiratok, pénzek vízjeleinek pótolhatatlan feltalálóivá lesznek. A gép segít majd a modellrajzolónak új ruhamodellek tervezésében, a szabásznak pedig az anyagkiszabás leggazdaságosabb módjának a keresésében. Micsoda tere nyílik azonban majd a szövet-, a kárpit- és a szőnyegminták, valamint az ipari gyártmányok új formái megteremtésének!

Tekintsük mindezeket a műveket a gépi műalkotás első fejezetének. Próbájunk válaszolni arra a kérdésre, amit az egyik szovjet újságíró egy több milliós példányszámú napilapban tett fel, egy Londonban rendezett *Kibernetikai művészet* című kiállítással kapcsolatban: „Ha ez a művészet, mire való itt a kibernetika, ha pedig technika, akkor mégis, hol itt a művészet?"

Egy misztifikáció története

A kibernetikáról szóló, *Gyorsabban a gondolatnál* című könyvemmel kapcsolatos munkálkodásom idején, 1957 egész nyarán át együtt üldögéltünk *N. E. Kobrinszkij* professzorral, az egyik galambdúcos ház szobáiban, a Tyimirjazev Akadémia parkja mellett.

Minden jól és folyamatosan haladt, amíg egy angol versfordítás nem került a kezünkbe. Az egyik tiszteletre méltó tudós, *Kobrinszkij* professzor barátja hozta. Íme, ez volt az a fordítás:

Az éj, mint egy fekete macska, oly sötét,
a hold köre az éjbe vegyül majdhogy,
Kimondatlan öröm tör a fényre,
majd fáradt szárnyként hull a fénylő parthoz.
Fáradt nomád bandukol magában,
figyelmét feledve, egy szakadék táján,
olthatatlan szívét fordítja felé,
Nem sejtve a hógödört, mely rá vár,
Tűnt félelmek kúsznak dőlt falon,

sárú árnyak rejtik a víz vonalát,
Szél visszhangoz ma sirálysikolyt
s reggel kelt a hulló esőcsobogás.
Csonkig égő gyertyák nyughatatlan
fényfoltjukat szórják.
A pillangók meg Buster üdve láttán,
a tűz körül a tiszteletkört rójják.

A verset egy gép írta. Nekem éppen szükségem volt a gépi költészet egy példájára *Az irodalom területén* című fejezethez, amit akkortájt fejeztem be.

Ezt a verset *Vlagyimir Kotov* költőnek is megmutattam. Nagyon érdekelte, és hozzáfogott, hogy a nyersfordítás alapján műfordítást csináljon:

Az éj e macskánál is feketébb,
a holdtájak oly olvataggá váltak,
Nem ismert öröm tör fény felé,
s parthoz vetődik mint fáradt szárnyak.
Egy kínozott árva nomád ott bolyong,
s a szakadék havas,
mely hívja, várja.
Feledve a félszt, panaszkodón
a szakadéknál háborgón bolyong.
A tűnt félelem fölhatol a mennyig,
ahogyan a sirály és a szél,
Eső szemerkél,
és úgy borong kint,
s a gyertyák mindegyike csonkig ég.
És a lepkék ott a tűznél egyre
körtáncot lejtenek Buster emlékére.

Egy év múlva tudtam meg, hogy a *Lityeraturnaja Gazeta* számára a gépi költészetről cikket írt *Ilja Szelvinszkij*. Gépi versek példányainak megküldését kérő levelemre ezt válaszolta:

„Cikkemet, amit a *Lityeraturnaja Gazetának* írtam, olyan tényekre alapoztam, amelyeket szívesen közölt velem *Sz. A. Sztyebakov* docens. *John Iaffy* professzor találmányáról volt szó: olyan elektronikus gépről, amely verseket alkotott. De a napilap megfelelő osztálya tisztázta, hogy semmiféle *Iaffy* nem létezik a világon, *Sztyebakov* anyagai az amerikai humoristák csalásai, így a cikkemet eltemették."

Pedig a *Gyorsabban a gondolatnál* című könyvemben is ugyanezekre a versekre hivatkoztunk. A könyvet közben kinyomtatták. A versek kezdtek elterjedni a világon. Megjelentek *L. Tyeplov Vázlatok a kibernetikáról* című könyvében is. Itt a fordítás kissé más volt, s gördülékenyebb.

A kusza félsz a romokhoz tapadt,
Árnyak keringnek, a tengert körülírva,
Az álomesőnek meg reggelit ad,
sirálysikolyt visszhangozva vissza.

1960 nyarán gépi versek hangzottak el az OSZFSZK Írószövetsége vezetőségi plénumának szószékéről. Az előadó nem árulta el, hogy a versek géptől származnak, s a hallgatóság elítélte az ismeretlen szerzőt *dekadens és epigon* volta miatt. Ekkor a gyűlés hahotázása közepette közölte az előadó, hogy a verseket egy gép írta.

A *Molodaja gvargyija* című folyóirat 1961. júliusi számában a fizikai- matematikai tudományok kandidátusa, *A. Mickevics A költők és a matematika* című cikkében e szerencsétlen versek a gépi költészet érdemeinek és fogyatékosságainak elemzése tárgyává váltak. „Eltekintve a vers eléggé ködös tartalmától — írta a szerző — , megjegyezhető, hogy a gép elég jól megbirkózott a vers ritmusával és a rímekkel."

A *Gyorsabban a gondolatnál* című könyv megjelenését követő öt év múltán a *Junoszty* 1962. évi első számában *A. Kirejeva Lemarad-e a költészet?* című cikkében mindezeket a verseket felidézte.

A kritikusnő szidta *V. Kotovot*, a költőt rossz verseiért, példaként említve a legjobb gépi verseket.

Sok kalandon estek át még e versek, sokszor idézték őket, és sokat kinyomtattak belőlük.

1967 végén levelet kaptam *G. F. Hilmitől*, a fizikai-matematikai tudományok doktorától: „Elküldöm Önnek a *Voproszi Filoszofii* című folyóirat 11. számát, amelyben megjelent *A költészet logikája* című cikkem."

Felnyitom a folyóiratot, és — ó, mi szörnyű! — a 119. oldalán olvasom: „És a lepkék ott a tűznél egyre körtáncot lejtenek Buster emlékére." A tudós e gépi verssorok példáján igyekszik tisztázni a gépi költészet mint közepes szintű műalkotás elfogadhatóságának okait.

Az olvasó megkérdezheti, mindmáig miért nem jelent meg nyomtatásban e misztifikáció leleplezése?

Lehet, hogy azért nem, mivel a vers benne maradt a *Gyorsabban a gondolatnál* című könyv további kiadásaiban a Szovjetunióban is és külföldön is.

Amikor az egyik cikket az amerikai *Computers and Automation* című folyóiratban elolvastam, semmi kétségem sem maradt: a cikket olyan ember írta, aki a gépi versalkotás elvét jól ismerte.

Elizabeth Thomas (álnév) egyik tréfás elbeszélésében pontosan leírta a gépi verselés elvét.

Az éj egy macskánál is feketébb kezdetű verssel kapcsolatos történet felemlítésével *I. B. Gutcsinnak*, a műszaki tudományok kandidátusának *A műalkotás kibernetikai modelljei* című brosúrájában találkoztam *A kibernetikai metodológia problémáihoz* kapcsolódó össz-szövetségi konferencia gyűjteményes anyagában; *R. H. Zaripovnak*, a fizikai-matematikai tudományok kandidátusának a *Zene a kibernetika* című monográfiájában; *B. Sz. Mejlah* professzor *A tudomány és a művészet határán* című könyvében.

És amin csodálkozom: az említett szerzők mindegyikében van egy kis szomorúság a leleplezés miatt, és megróják a „bűnöst".

Ámde mit felelhetek nekik? Csak egyet: Valószínű, hogy a tudományt nemcsak fejleszteni, hanem még kommentálni sem lehet anélkül, hogy ne tekintenénk az ősforrásokra.

Az algebra egyszerűsít

A *kibernetika és a műalkotás* problémájáról kétféle nézet létezik. Egyesek azt állítják, hogy a kibernetika mindenre képes, mások azt, hogy a műalkotás speciális terület, és a kibernetika itt nem lehet segítőtárs.

Vegyük például a zenét. Mint ismeretes, zenét különféleképpen lehet alkotni. Alkalmam volt nemcsak a gép által szerzett zenét meghallgatni, amelynek programját egy tehetséges matematikus és ráadásul zeneszerző, *Zaripov* állította össze, hanem sok egyéb gépzenei alkotást is. Figyelmesen végigelemezve őket megállapíthatjuk: ahhoz, hogy primitív zenét szerezzünk, nem kell zeneszerzőnek lennünk. Hasztalan tart némely zeneszerző attól, hogy „*Csajkovszkijt* is megharmonizálják, és hogy *Beethoven*, *Grieg*, *Prokofjev* harmóniáit is pótolják". Természetesen ez nincs így. Azok sem vitatják ezt, akik szélsőséges nézeteket vallanak. Nevezzük őket *szélsőségeseknek*. Az ő következtetéseik azonban messze vannak a valóságtól. A *szélsőségesek* azt állítják, hogy *az alkotási folyamat modellezéséről van szó*. Nem, ez a megállapítás korai. Még nem rendelkezünk ily remek eszközzel a műalkotás elemzéséhez.

Korunk legnagyobb matematikusainak egyike, *A. N. Kolmogorov*, aki önmagát a rendkívül vakmerő kibernetikusok közé sorolja, a kibernetikai vakmerőség ellenére, szó szerint a következőket jelentette ki:

— Manapság még igen messze vagyunk az emberi tevékenység legmagasabb formáinak a megvalósításától és leírásától. Még azt sem tanultuk meg, hogy a sok, itt felvetődő kategória és fogalom objektív terminológiában való meghatározását adjuk, nem hogy modellezni tudnánk e tevékenység olyan bonyolult fajtáit, mint amilyen a zeneszerzés.

Valószínű, hogy a *szélsőségesek* a még *vakmerőbb kibernetikusokhoz* tartoznak, mint amilyen *Kolmogorov*. Akkor azonban álláspontjukat tényekkel kell alátámasztaniuk. Azok pedig nem léteznek. Sőt, mi több, *Kolmogorov* akadémikus *Az automaták és az élet* című híres előadásában a zeneszerzés gépi módját úgy említi, mint *a kibernetikai problémákhoz vezető leegyszerűsített eljárás példáját.*

Hasonlóan leegyszerűsítetten tárgyalnak (az intellektuális tevékenység különböző fajtái számítógépeken való modellezésének elemzése esetén) olyan bonyolult kérdéseket is, mint a gépi fordítás és az automaták irodalmi képességei.

Ez idő szerint még nem lehet szó a gépen való fordítás igazi modellezéséről. Franciáról oroszra való fordításokhoz 17 olyan programra volt szükség, amely 8500 utasítást tartalmazott. Ezenkívül kb. 200 gépegységet töltöttek meg a táblázatok. Érdekes, hogy a 8—10 szavas mondatok fordításakor a gép 45—50 ezer letapogatást végzett, egy nem nagy mondat feldolgozására majd fél percet fordítva. És tette ezt egy matematikakönyvből vett igen egyszerű szöveggel.

De miféle programokba foglalhatók a szépirodalom közvetlenül a nyelv természetével, a nép életével való szoros kapcsolatú mondatainak összes nehézségei?

A köznyelv és a szépprózа fordításához a szavak tízezreit tartalmazó szótárak, és még a nyelvi fordulatok különleges szótára is kell, s így lehet egy másik nyelvre lefordítani kifejezéseket, mint például *Ebben ember a talpán.* Gondoljunk itt *John Bernal* humorára.

Amikor Londonban a gépi fordítás lehetőségeiről az első közlemények megjelentek, valamelyik tréfamester a következő történetet agyalta ki.

Egyik gép azt a feladatot kapta, fordítsa le orosz nyelvre azt az angol mondatot, hogy: *Out of sight — out of mind* (Távol a szemtől — távol a szívtől). A gép meg is csinálta. Ellenőrzésképpen azt követelték tőle, hogy a kapott szöveget forditsa vissza angolra. Az eredménye: *An invisible madman* (Láthatatlan idióta).

Ugyanennek az anekdotának pajkosabb változata: Az õsercdeti mondat egy bibliai mondat volt: *The flesh is Weak, the spirit is strong* (A test gyenge, de a lélek erõs). A visszafordításban pedig átalakult *The meat is soft, the vodka is strong* (A hús puha, de a vodka erõs) mondattá.

Természetesen még több nehézség merül fel a versek fordításakor, nem beszélve már géppel való írásuk kísérleteiről. Senki számára nem titok, hogy a gép *verset írva* (azt is az ember összeállította gondos program szerint), mindent összevetve nyelvtanilag helyesen gyûjti mondatokba a szavakat. A gép a szöveget úgy kezeli, mint betû- és szógyûjteményt, amelyek *összeköthetõk, egyeztethetõk* adott program szerint. Hol van itt szó *az alkotó folyamatba való behatolásról*? Ez mindössze csak a jelenség tisztán külsõ tényezõinek a matematika és a gépek segítségével való túlságosan primitív modellezése, mely tényezõk az alkotó folyamattal egészen távoli kapcsolatban vannak. Ily módon ahhoz is eljuthatunk, hogy az írógépet nevezzük egy író modelljének: itt is, ott is az eredmény azonos: a betûk a papíron szavakká állnak össze, a szavak pedig mondatokká.

Ezért is csodálkozunk a *szélsõségeseknek* a *szkeptikusokkal* összefüggõ állításain, akik az alkotói tevékenység *titkainak* a kibernetika általi való leleplezése miatt sértõdnek meg. Napjainkban ez egy kissé különösnek tûnik: még a problémához vezetõ eljárásokról folynak a társalgások, és ez idõ szerint a tudomány számára nem ismert egyetlen olyan alkotási *titok*, mit a kibernetika teljes mértékben feltárt volna.

Ahhoz, hogy a kibernetikának az alkotó tevékenység tekintetében elért sikereivel kapcsolatos következtetéseket alátámasszák, hivatkoznak, hogy amikor a matematika valamely területre behatol, akkor ott rend keletkezik. Adott esetben azonban helyénvaló felidézni a nagy amerikai kibernetikus tudós, *John R. Pearse* elmés nyilatkozatát:

— Bár a rend is elengedhetetlen a mûvészet számára, a közvetlen mûvészet ugyanakkor éppen a felesleges rendtõl szenved.

Az érintett probléma kapcsán feltétlenül szólni kell a *szemio-*

tikáról is. Ezen új tudományos irányzat nemrég keletkezett. Tárgya bármely jelrendszer, amit az ember felhasznál. Vannak kutatók, akik azt tartják, hogy a szemiotikai módszerek a humán tudományokban azt a szerepet játsszák, mint a matematika a természettudományokban.

A szemiotika az emberi műalkotásokban és a természetben meglevő szépség *általános matematikai kifejezését* keresi. Emellett a művészi alkotást úgy vizsgálja, mint olyan szöveget, amely szimbólumokból áll, amelybe mindenki személyes tartalmat visz bele.

A szemiotika képviselői úgy vélik, hogy az esztétikai jelek elegendő készletével rendelkezve, azok kombinációs szabályai útján és a szépség *általános matematikai kifejezésével* megpróbálkozhatunk egy művészi alkotás összeállításával.

A szemiotika képviselői állítják, hogy a művészetet, akár a nyelvet is, minden adott pillanatban egyfajta normára való törekvés jellemzi, a normától való eltéréssel együtt. Amikor ezek az eltérések gyakoriva válnak, önmaguk új normát képeznek (e tekintetben hasonlóság van a kibernetikai önreprodukáló rendszerekkel).

A szemiotikusok között is megjelentek a maguk *szélsőségesei*, akik siettek kitágítani a szemiotika kereteit a művészet általános módszeréig.

Nyilvánvaló, hogy a szemiotikának még korai a művészeti elemzés univerzális eszközévé válnia. Hogy mennyivel gazdagítja a művészetet, ez idő szerint korai lenne kimondani: túl keveset tett, túl felületesek a megfigyelései, s tanulmányozásának tárgya is túl bonyolult.

Mégis elengedhetetlenek ma a matematikai módszerek a művészet és az irodalom számára ugyanúgy, ahogy a természettudományokban is nélkülözhetetlenek.

A művészetben és az irodalomban, a zenében és az esztétikában attól való félelem nélkül, hogy pontatlanok vagyunk, definíciókat használunk fel. Például: több, kevesebb, magasabb, alacsonyabb, szebb, teljesebb, tisztább, világosabb, hangosabb, tar-

talmasabb. A tudományban és a technikában ez teljességgel megengedhetetlen. Lehet, hogy közelítünk ahhoz az időhöz, amikor a művészetelméleti terminológiák *pontosíttásának* kérdése felvetődik?

A kibernetika korszakában a matematikai módszerek új tápot kapnak saját fejlődésükhöz, a művészet és az irodalom szférájába való behatoláshoz több lehetőség jelentkezik számukra.

A matematikai elemzés hívei most gyakran idézik a puskini Salieri szavait: *A harmóniát algebrával nézegettem át.* Szégyenlősen elfelejtik a versszak elejét: *Hangjait kiölve, a zenét úgy érteném, mint a holt.* Sajnos, ez így van. Az algebra ma csupán eszköz a művészetben a formális elemzésre, és ez idő szerint úgy működik, mint a sebész műtőkése. Mi csak a ködös távolban vagyunk, alig-alig érzékeljük e vágószerszámnak egy költő átszellemült tollává való átalakulási jeleit.

IV. fejezet

A KIBERNETIKA ÉS A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK

Különböző szempontokból nézve...

Az író: Az élet azzal a feltétellel adatott számunkra, hogy végső leheletünkig védelmezzük ... Emiatt az embernek a természet erői feletti győzelemért, az egészségéért és a hosszú életért, a Földön való élet boldogságáért meg kell dolgoznia...

Az orvos: Mi az orvostudomány fő feladata? Megóvni az embert a külső környezet különféle betegségkeltő hatásaitól, bizonyos szinten megőrizni a szervezet legfontosabb mutatóit, amelyek a normális élettevékenységet biztosítják.

A matematikus: Azok az elemző módszerek, amelyeket egy-egy tudományterület különálló kérdéseire alkalmazhatóan dolgoztak ki, sikerrel felhasználhatók bármely más területen, ahol analóg funkciójú okszági viszonyok léteznek. A kemoterápia például a matematikus számára két pontban meghatározott, peremfeltételekkel együttes feladat. A kemoterápia matematikai modelljének kidolgozásával kapcsolatban a mozgó pontok pályáit kell elemezni. A modell alapgondolata pedig az, hogy a szervezetet úgy szemléljük, mint egy szokásos bemenő-kimenő rendszert, és ehhez általánosan ismert matematikai-gazdaságtani tételeket alkalmazunk.

A fizikus: Az élő szervezetben bioáramok nyomára leltünk. Az élő sejteket — durva közelítéssel — elektromos generátorként szemlélhetjük, melyek gyenge elektromos jeleket adnak. A szívverés, a légzés, az izomösszehúzódás, a gyomor, a vesék összehúzódása stb., az elektromos rögzítőberendezések hosszú szalagjain tárolhatók. A fizika elektronmikroszkópot, röntgent,

nagy- és kisfrekvenciájú áramokat, ultraibolya és infravörös sugarakat, spektrográfiát, rádióelektronikát, televíziót, számítógépeket, aerosolokat, radioaktív izotópokat, ultrahangot, lézereket és optikai szálakat adott az orvostudománynak.

Az író: Néha nem is értjük, mire való a sok műszer, miért a technika ennyi eszköze! Egy röntgenberendezés összekapcsolása televíziós készülékkel már mértéktelennek tűnik; tán kevés egy képernyő? A röntgenképernyőn az orvos előtt árnyékok színjátéka játszódik le. A jelenet sokszor tragikus. Rendkívül fontos a dráma összes fordulataiban eligazodni. A téma azonban nem világos. A röntgenárnyak világa elmosódó határvonalak és halvány kontrasztok világa. A röntgenorvos kész mindent megtenni azért, hogy növelje hatalmát ezen árnyak felett.

Az orvos: Hatalom az árnyak felett... Hatalom a nem tudás felett... Erről bővebben lehetne elmélkedni. A gyógyászatot úgy lehet magyarázni, mint a beteg szervezet irányítását a normák helyreállítása céljából. Teljes egészében kibernetikai feladatot kapunk, hiszen a kibernetika *az irányítás és a hírközlés tudománya*. Ma ez még kissé különös együtt: gépeket irányítani és betegeket gyógyítani. A technika pontosságot, számításokat igényel. Az orvosok pedig sokszor „vaktában" dolgoznak. A betegek többsége azért meggyógyul. Talán nincs is szükség nagyobb pontosságra? Ha a szabályozó szervek jelentősen károsodnak, akkor azokat csak pontos és többféle ráhatással lehet kigyógyítani. Itt mond csődöt sokszor az orvos tudománya, mivel nincs pontos műszere sem a szervek és rendszerek állapotának értékeléséhez, sem a ráhatás megítéléséhez. Ehhez a kibernetikára van szükség.

A matematikus: A biológiai szabályozás több folyamatában olyan műszerekre lenne szükség, amelyek segítségével a határozatlanság legkülönbözőbb körülményei közt megoldást lehetne találni a szabályozandó fizikai folyamatokra. A diagnózis alapvető célja feltétlenül a megfelelő gyógymód kiválasztása. Gyakran azonban több lehetséges gyógymódot állítunk fel. Azok egyikét különböző körülmények között kell kiválasztani: vi-

tathatatlan helyzetben, kockázatos körülmények között vagy bizonytalan feltételek esetén. Sokszor, amikor a pontos diagnózist nem állapították meg, a *diagnózis—gyógyítás* ciklusok egymásutániságát dinamikus programozási módszerekkel lehet megválasztani. Ha mindezen ajánlatokat megpróbáljuk a gyakorlatban felhasználni, akkor majdnem elkerülhetetlennek látszik a nagy műveleti segességű számítóberendezések alkalmazása.

Az író: Az orvosi tevékenységben, mint az íróéban is, megkülönböztethető a következetes rutinos munka és a meglátás összegező mozzanata, amikor is a klinikai orvosok számára hirtelen feltárul a mentő kiút, a regényírónak pedig egy leendő könyv váza. *Edison* mondta, hogy minden találmány 99%-ban transzspirációból (izzadásból) és 1%-ban inspirációból (ihletből) fakad. Idővel a gépek vállalhatják magukra az előbbi 99% egyre nagyobb részét. Nem lesz-e azonban valamikor a gépé a fennmaradt 1% is? Elveszti-e jelentőségét egy tehetség szimata és látása?

Az orvos: Miképpen válaszolhatunk? Megint csak százalékokkal? A legjobb eredményeket az onkológiában ez ideig a tejmirigyrák diagnosztizálásában értük el. Számítógépes ellenőrzésnek vetettek alá 257 beteget. Megközelítően a felének volt rákja, a többinek pedig jóindulatú daganata. Egyik klinikán e betegek 78%-ánál állapították meg a helyes diagnózist, 5%-ban volt tévedés, a többinél a diagnózis tisztázatlan maradt. A gép több mint 97%-ban állapított meg helyes diagnózist, és kevesebb mint 3%-ban tévedett. Egy másik programban megengedték a gépnek, hogy ne csupán *igent* vagy *nemet* válaszoljon, hanem *nem tudomot* is. Ez esetben a gép több mint 90%-ban adott helyes választ, a hibaszázalék csak 0,7 volt. A többi esetben *nem tudomot* válaszolt. Ez kiegészítő vizsgálatokat tett szükségessé. Másik példa. Az egyik fiatalembert, aki szívbajban szenvedett, gondosan megvizsgálták, még szívszondázást is végeztek. A magas képzettségű szakemberekből álló konzílium mégis eltérő véleményeket adott. Egyesek azt állították, hogy meg kell nyitnia szívkamrát, mások egyszerűen kételkedtek a diagnózis-

ban, és a szívszondázás megismétlését javasolták. A gép pedig ezt a választ adta: *tüdőverőér-szűkület*, *szívpitvarközi rekeszhiba*. A műtétnél a szívpitvart nyitották meg, s nem a szívkarát. A gép válasza igaznak bizonyult. A vele született szívbetegségek felismerésére a *gépi diagnosztika* olyannyira elterjedt, hogy némely klinikán ma már egyetlen beteget sem bocsátanak műtétre előzetes *gépi konzultáció* nélkül.

A matematikus: A számítógépek felhasználása semmi esetre sem jelenti azt, hogy az orvosi funkciót e szerkezetek veszik át. Ellenkezőleg, az orvos szerepe még fontosabbá válik. Még képzettebbnek kell lennie, a saját szakmai ismeretei mellett sok új módszert kell ismernie. De e kiegészítő erőfeszítések árán a diagnózis pontosságában és a gyógyítás hatékonyságában nagy előnyre lehet szert tenni.

Mindegyik számítógép különálló orvosokat és adott körzet gyógyintézményeit szolgálja ki, megkapva, feldolgozva és továbbítva az információt. Ezek a gépek összeköttetésben állnak egy speciális számítóközponttal, mely összegyűjti az adatokat, amik a kutatási és egyéb célokhoz szükségesek. Nem különálló diagnosztizáló gépek, hanem diagnosztizáló központok, s nem különálló diagnosztizáló központok, hanem teljes gyógyászati rendszerek vagy hálózatok. Az effajta hálózatok rendkívül bonyolultak. Felhasználják őket a légvédelem és a meteorológiai szolgálat számára is.

Ma már rábízzák egy elektronikus berendezésre egy klinika teljes irányítását. Koppenhágában a Hantof korházban, ahol naponta kb. 30 ezer ember részesül orvosi ellátásban, egy elektronikus számítógép maximális pontossággal és gyorsasággal teljesíti az orvosi és adminisztrációs jellegű feladatokat. A gép dolgozza fel az összes információt, ami a különböző laboratóriumokból, az osztályokról, a műtőkből, a kórtermekből, a gyógyszertárból, a konyháról, s a könyvelésből jut oda. Egy betegről bármely pillanatban kimerítő adatokat lehet kapni. Minden beteg kórtörténetét, a klinikára való belépésének pillanatától kezdve, naponta rögzíti.

A mérnök: Mindezen elgondolások elméleti kimunkálását mérnököknek kell elvégezniük. A mérnökök orvosbiológiai technológiává alakítják mindazt, amit a technika és a tudomány nyújthat. Kéz a kézben kell dolgoznia az orvosnak, a matematikusnak és a mérnöknek. Új szakma jelentkezett, az *orvosmérnöki*. Nehéz megmondani, mit kell ismernie és tudnia, olyan tág a problémaköre. Ma egy sebészeti műtőben *mikromechanizálást* és nagyfokú *automatizálást* alkalmaznak. Egy korszerű műtő dugig tele van műszerekkel. A sebész és asszisztensei szinte elvesznek a műszerek között, s a különféle adatok tömkelegét már már képtelenek áttekinteni. Az összes műszert egyetlen gépkomplexummá kell összevonni, amely automatikusan feldolgozza az információt, s a beteg állapotától függően a kellő pillanatban kapcsolja be a mesterséges lélegeztetést, a vérkeringést stb. Az elektronika elvi „átlátszósága" segít ezt megtenni. Az elektronika az *orvosmérnök* kezében pontos és feltétlenül szükséges eszközzé válik.

Az orvos: Bármit tegyen a mérnök, a fizikus, a matematikus, közülük még a legtehetségesebbeknek is az orvossal együtt kell dolgoznia. Ha ma egy sebész, hogy ujjait trenírozza, nem csupán hegedül szabad idejében, hanem rádióamatőrködéssel is foglalkozik, még jobban segíthet a betegein. Sőt, ha egy receptre holnap egy orvos a gyógyszerek latin neve helyett olyan szavakat ír, amelyeket a mérnöki nyelvből vesz át — mint pl. *feszültség*, *frekvencia*, *terhelés* — , az akkor is orvosi recept lesz. Gyógyítani az orvos fog; az orvos orvos marad, az orvostudomány orvostudomány marad.

Megjegyzés: Az orvos, a matematikus, a fizikus, a mérnök és az író társalgási alapjául a következők gondolatai, nézetei, nyilatkozatai, feltevései szolgáltak: N. Amoszov, Lenin-díjas professzor; P. Anohin, Lenin-díjas akadémikus, V. Ahutyin, a műszaki tudományok kandidátusa; A. Bakulev, Leniu-díjas akadémikus; P. Bellman a RAND Corporationtől, (USA); A. Berg akadémikus; Sz. Botkin orvos; M. Bihovszkij, a műszaki tudományok doktora; A. Visnyevszkij professzor, Lenin-díjas;

V. Gorogyilova professzornő; Maxim Gorkij író; E. Dzsavadjan' az orvostudományok doktora, Charles Dickens író; P. Calaba a RAND Corporationtől (USA); P. Kaminir mérnök; P. Kunyin, a fizikai-matematikai tudományok kandidátusa; L. Lasteda a rochesteri orvosi főiskolától (USA); P. Laedly a Nemzetközi Orvosbiológiai Központtól (USA); A. Maurois író (Franciaország); A. Nudelmann, a műszaki tudományok doktora; V. Orlov író; I. Tagger professzor, Trousseau orvos (Franciaország); A. Schwarz orvos.

A legősibb tudomány

Minden tréfában van egy kis igazság. *Kapica* akadémikus humorában is van: „A bionikát gyakran nevezik fiatal tudománynak. Ez helytelen. Hiszen már az Úristen is foglalkozott bionikával, embert teremtve a maga képére és hasonlatosságára."

Igen, a bionika valóban ősi tudomány. Az első dolog, amit az ember tett, amikor kezdte felfogni a környező világot, a természet megfigyelése volt. A vadállatok, a halak, a madarak sugallták az akkor ötletszerűen élő, ügyes embernek, hogy mit, hogyan kell megépítenie.

A jelenlegi emberiség körülbelül százezer esztendős.

Mit látott az első ember? A víz csillogását a futó patakban, a szél fúvását, a madár röptét, az állat menekülését. A mi fogalmaink szerint a kis sebességek világában élt. Azután pedig? A háziállatok és az *élő gépek* (a rabszolgák) is lassú járásúak voltak.

Csak sokkal, de sokkal később vette körül magát az ember a gépekkel. Ezek a gépek egyre sebesebben jártak és forogtak, s a rejtélyek sokaságát állították az ember elé. Innen, a bonyolult gépek és nagy sebességek uralmából kellett újra a természethez fordulni, ahol az ember a saját alkotásaihoz viszonyítva sok előnyöset látott. Éppen a természet ezen céltudatos szemmel tartásától kezdődik a bionika tudománya.

Mikor egy tudomány jelt ad magáról, önként jelentkezők máris kutatják megteremtőit, első felfedezőit és zseniális előfutárait. Megemlítették *Leonardo da Vincit* és *Lomonoszovot* repülőszerkezeteik modelljeivel együtt; a nagy *Galvanit*, a békájával, amely a combjával tárta fel az élő elektromosság világát. Felvetődött *Stokes* neve is. Találtak anyagot azzal kapcsolatban is, hogy *Hoffner* német tudós miként vizsgálta a fóka bőrét, mellyel a helyi lakosok csónakjaikat foldozgatták be. *Johannes Kepler* kéziratos hagyatékának elsárgult lapjai között egy értekezést találtak a *hatszögletű hóról*. A zseniális tudós ebben első ízben mondja ki a természet utánozhatatlan tökéletességű modellezésének alapgondolatait.

Mindez érdekes is, szükséges is. Nem fogjuk azonban a bionika forrásait keresni. Inkább nézzük, mi is az ma valójában?

Némelyek azt tartják, hogy a bionika 1960 szeptemberében vált törvényessé, amikor az USA-ban első konferenciája lezajlott. Nem ez a dátum, nem ez az esemény határozza meg azonban a bionika helyzetét. A lényeg másutt van. Ma már senki sem nyilatkozik úgy, mint valamikor *Lichtenberg* göttingeni professzor: — Nem tudok eléggé csodálkozni azon, amikor nagy hírű tudósok azt állítják, hogy egy légy szárnyában több bölcsesség rejlik, mint a legmesteribb óraszerkezetben.

A bionika feladatait sokrétűen határozzák meg. Azt tartják, hogy a biológiai rendszerek és folyamatok tanulmányozásával foglalkozik azért, hogy a kapott ismereteket a technikában használja fel. Elmondható, hogy olyan közös nyelv alapjait veti meg, amelyen majd a biológusok és a mérnökök meg tudják érteni egymást. A kibernetika viharos korszakában született bionikát a kibernetika és a biológia lányaként ismerik el. Igaz, vannak tekintélyes emberek, akik a bionikát mint a biomimézis — az élet egyes formáinak utánzása annak más formáival — egyik aspektusának fejlődését mutatják be. E nézőpont védelmezői aláhúzzák, hogy a bionikát semmiképpen sem lehet a kibernetikával azonosítani, vagy e tudomány részének tartani.

Bárhogy legyen is, a bionika a természet remek iskolája az ember számára; csatorna a biológiai eredményeknek a technikába való beáramlására; soha nem tapasztalt erő új katalizátora általában az elméletben, a biológiában és természetesen a technikában.

A legbátrabb bionikusok közül néhányan azt is állítják, hogy a magasabb rendű idegtevékenységgel foglalkozó fiziológia sikerei, amelyeket a 20. század határán értek el, olyan győzelmet jelentenek, mint amit az emberiség az automatizált termeléshez vezető hosszú úton ért el.

Manapság a bionika ilyen nézőpontból való megítélése meg is engedhető. Minden napjával egyre jobban elbűvöl bennünket.

Az embernek ötféle érzékelési módja van: a látás, a tapintás, a hallás, az ízlelés és a szaglás. Van még az embernek fájdalomérzete, izomérzékenysége, hő-, hideg-, egyensúlyi és egyéb érzete.

A bionika mutatta meg, hogy mennyivel gazdagabb egyes állatok érzékelőképessége, mint az emberé. Érzékeik mechanizmusai, azok eleven *technikája* meghökkenti a tudósokat.

A csörgőkígyó egyetlen fok ezrednyi részével egyenlő hőmérsékletkülönbség érzékelésére képes.

Egyes halfajok az illó anyag százmilliárdnyi részét felfedezik egy liter oldatban. Ez annyi, mintha az Aral-tóban elkevernének harminc grammnyi anyagot, s a szóban forgó halak már ezt is észreveszik.

A denevérek egyik-másik trópusi faja, ultrahang segítségével, az ehető halat a víz alól is kikapja.

Vannak lepkék, melyeket sajátos bevonatuk véd meg a denevérek ultrahangos tapogatóitól.

A patkányok érzékelik a radioaktív sugárzást. A mikrobák és a baktériumok egyes fajtái gyorsan reagálnak a sugárzási szint kismértékű megváltozására. A közönséges feketo svábbogár pedig egyenesen látja az ilyen sugárzást. Ezt úgy állapították meg, hogy a szemébe illesztett elektródákról levezették a működési áramot.

A mélytengeri halak felfogják az elektromos térevő rendkívül kicsiny változását. Például megérzik az egy amper százmilliárdnyi részénél kisebb áramváltozást is.

Az elektromos angolnák pedig — ezek a sötétzöld színű, 2 méter hosszúságot is elérő, megnyúlt testű halak — 600 volt feszültséget tudnak sajátságos elektromos szervükben létrehozni, és azt környezetükbe kibocsátani.

A szúnyog, amikor szúr, egymillió kilopondos fajlagos nyomást fejt ki egy négyzetcentiméterre. Összevetésképpen: egy 16 kilopondos súlyzó 4 négyzetcentiméteres alap esetében 4 kilopondos fajlagos nyomást gyakorol egy négyzetcentiméterre.

A csőrösszájú halak, amelyek legismertebb fajai az elefánthal és a nílusi csuka, elektromos szervvel rendelkeznek. A belőlük másodpercenként mintegy 200-szor kibocsátott elektromos kisülés alapján tájékozódnak a vízben.

A méhek bizonyára mindenféle mozgást látnak. Nem szemük, hanem *időlencséjük* van. Egy mozifilmet a méhek számára nem 24, hanem 800 filmkockás másodpercenkénti sebességgel kellene bemutatni.

Meglepő az állatok tájékozódóképessége. A galambok hibátlanul rátalálnak a fészkükhöz vezető útvonalra. A tengeri teknősök több ezer kilométerre is elúsznak a tengerben, majd pedig minden harmadik évben visszatérnek a partvidék ugyanazon helyére, ahol lerakják tojásaikat.

Csodálatos képességgel rendelkeznek egyes rovarok is. Például az imádkozósáska agya, mint egy számítógép, a másodperc 20-ad része alatt összegez minden jelzést, s a sáska hevesen ragadja meg zsákmányát.

A farágó szú bogarak egyik fajának lárvái, hogy a téli hidegben meg ne fagyjanak, egy *ellenfátyolt* termelnek ki.

A Petrocla-lepkék (Morpho-félék családja) tanulmányozása pedig még váratlanabb eredményre vezetett: a holográfhoz hasonló szerkezeti elemeket találtak bennük.

Az ember le tudott mondani arról a csábító gondolatról, hogy mindazt önkezével megcsinálja, amit a természet már megalko-

tott. Hiszen ma a hőlégsugaras repülőgépek, az űrhajók, az atomreaktorok és a számítóberendezések világában élünk. Itt ébernek, gyorsnak kell lenni, időnként szükség van a rugalmasságra és a hozzáértésre, ami nem létezik a merev és törékeny mesterséges alkotásoknál. Minden egyebet illetően, mi nem tudunk és nem is akarunk várni — a természet mintájára — évmilliárdokon át a tökéletesedés eredményeire.

Azt mondják, felfedezni annyit tesz, mint látni azt, amit mindenki lát, és azt gondolni, amit senki sem gondol. Nyilvánvalóan ez igaz. Korunkban azonban látni kell azt is, amit senki sem lát.

A bionika szimbóluma a műtőkés és a forrasztópáka integrállal átfonva. A fiziológus, a mérnök és a matematikus ezen szövetsége teszi lehetővé annak meglátását, amit még senki sem látott.

A hálóját fonó pók munkáját megfigyelve nem volt nehéz *kitervelni* a függőhidat. Hogyan kell azonban betekinteni az élő szervezet belsejébe? Képszerűen szólva, egy szike segítségével.

A szakemberek állítják, hogy az emberi test részeire, elsősorban a jól megkülönböztethető szervekre vonatkozó kísérleteknek hosszú a történetük. A gyerekek korán rájönnek, hogy a szem feltétlenül szükséges a látáshoz, s nem sokkal később, hogy a halláshoz fülre van szükség. Ők állapítják meg ezt, egyszerű kísérleteik eredményeit figyelve: becsukják a szemüket és bedugják a fülüket. Ami az olyan szerveket illeti, mint a szív, azok funkciója nem ennyire szemmel látható. Ezzel magyarázhatók az ősi gyógyászat egynémely különös eszméi. Különböző korokban a lélek és a gondolat székhelyének a szívet, a gyomrot és a májat tartották, *Arisztotelész* pedig az agynak vérhűtő funkciót tulajdonított.

A műtőkés azonban, amikor vág, öl is. Nekünk pedig azt kell tudnunk, hogyan működik az élő, tehát élve kell vizsgálnunk.

Segít az integrál.

Hogyan? Az elvont integrál és a remegő élet?

Igen, az elvont integrál és a remegő élet! Elmúltak azok az idők, amikor a fizikusok és a matematikusok úgy tanulmányozták a természetet, mintha nem lenne élet a Földön. Már régóta integrállal nyitják az élet titkainak zárait. Sőt, azt mondják, hogy a cél ma nem csupán az, hogy a biológiát matematizálják, hanem, hogy a matematikát is biologizálják.

Egy tudósnak, hogy ismerje a szervezet egyetlen funkciójának összefüggéseit, nagyszámú kísérletsorozatot kell megszervezni. Előfordul azonban, s eléggé gyakran, hogy a biológusnak nem elég tudni, miként megy végbe ez vagy az a folyamat a szervezetben. Tisztáznia kell a mennyiségi összefüggést is, amikor a különálló elemek kölcsönhatásba lépnek.

A matematikusok azt ajánlják a biológusnak, alkalmazzák az ő módszerüket: ők minden függőséget képletekkel fejeznek ki, és utánaszámolnak a folyamatnak. A mennyiségi analízis a számok hosszú sorát követeli meg, s ezért szükséges segítségül hívni a számítógépet. Na és a technika? A jó öreg forrasztópáka?

A neurofiziológiához fordulunk. Az agyműködés a tudósok számára eddig hétpecsétes titoknak számított. És hogy kiderítsék, *miért felel* az agynak ez vagy az a része, a neurofiziológus kénytelen vagy eltávolítani e részt az általános egységből, vagy ellenkezőleg, „nógatni" tevékenységét, azaz stimulálni.

Ekkor a neurofiziológus nagyon hasonlít arra a mérnökre, aki a gép javításakor annak egyes részeit kiszedi. Az effajta tettekre a válaszreakció haladéktalanul jelentkezik: „köhögés", teljesítményveszteség, zörej, rezgés.

Ugyanígy nem várat magára a reakció, ha a neurofiziológus eltávolítja az állat agyának egy részét. Hasonlóan a géphez, mindig meghatározott hibák lépnek fel, például a memória károsodása, látási és hallási zavarok jelentkezése stb.

Minden kezdet nehéz: ez az igazság minden tudományra érvényes, így a bionikára is. Nem tévesztjük össze az agyműködést a máj működésével, s nem bűvöl el bennünket az ujjak, a könyök, a váll mozgása. Bennünket az élő izomzat belső szerkezete érdekel, amelyen keresztül a jelzések, utasítások haladnak.

A mai bionika tárgya az élő megismerése. Innen vezet el minden út az idegrendszer és az érzékszervek, valamint a szervezetek összes szerkezeti különlegességeinek tanulmányozásához.

Gondolkoztak-e már Önök egy állat magatartásán? Nyilván igen. Meggyőződésem azonban, hogy kevesen vannak, akiknek eszébe jutott a magatartás és a neurofiziológiai folyamatok közti kapcsolat. Ez pedig gyakran élet-halál kérdése. Ha egy állatot váratlan veszély fenyeget, nincs idejo a fontolgatásra, vagy ahogy mostanában mondani szokás, a magatartása programozására. A másodperc törtrészei választják el a végzetes pusztulástól.

A bionikát az idegi mechanizmus abban a szituációban érdekli, ahogyan a viselkedési reakció szorosan kapcsolódik az idegi reakciókkal. Az ennyire bonyolult működésben bizonyára az idegsejtek nagy hányada vesz részt. Igen nehéz azonban megállapítani a kapcsolatot a különálló idegsejt és az egészében vett idegrendszer között. Csupán csak a kisagy, amely a központi idegrendszer működését koordinálja s állítja be, majdnem egymilliárd idegsejtet tartalmaz!

A problémát apránként közelítik meg. Kevés számú idegsejttel, tehát kevés ingerkombinációs lehetőséggel rendelkező kísérleti állatot választanak ki. A tudósok úgy vélik, hogy a szervezet különböző rendszerei a beérkező információ felismeréséhez különböző elveket használnak fel. Tehát nemcsak az érzékszervek mondhatnak sokat, de az egyéb, még sejt- vagy molekulaszintű biológini strukturák is.

Széles körűek azok a kutatások, melyekkel ma a bionika szovjet tudósai foglalkoznak. Előfordul itt az ember látási rendszerének modellje, a denevérek ultrahangos tájékozódásának idegi mechanizmusa, a halrajokon belüli jelzésadás, az agy kapacitása, az óriásmolekulák szerepe az emlékezés mechanizmusában, a kajmán emelőerejének elve, a végtagízületek rugózása, az illatérzékelés módja, s a madarak szárnymozgásának automatikája...

Egyébként, ha korábban tudtunk volna a szitakötő szárnyán

levő úgynevezett szárnyjelekről (pterostigmákról), akkor nagyon sok hosszadalmas és eredménytelen kutatást kerülhettünk volna el, és nem lett volna olyan nagy az emberáldozatok száma, amíg sikerült kidolgozni a repülőgépek rezgésgátló berendezését. És vajon csupán ez az egy példa létezik?

Mindezek a bionika klasszikus alkotásai, ezek kerültek be tudományos alapjába, ezek válnak széles körben ismertté, és nemsokára megszűnnek elképesztőnek lenni.

Ha azonban a bionika kezdete ily csodálatra méltó, milyen lehet a jövője? A bionika több mint olyasvalami, ami segít a biológiának a modern természettudomány irányítójává lenni. És akkor a bionika feltétlen „elragadja" a technikát a fizikától.

Itt a bioenergetika, amely a biológiai fűtőelemekből, azaz közvetlenül a szervezetekből származó elektromos energia nyerésének módjait keresi: az izommunka vagy a test hője rovására, vagy pedig a vérkeringés s a kémiai aktivitás energiájából. Például a szentjánosbogarak mindegyike egész biokémiai gyár, ahol a legbonyolultabb kémiai reakciók hozzák a foszforeszkálást. A majom szervezetében lezajló reakciókat felhasználva a szívregulátor működéséhez lehet energiát nyerni. Egyelőre csak a sportban és a gyógyászatban alkalmaznak élő fűtőelemeket. De csak egyelőre...

A bionika sugallta a jövő nagy eszméinek egyikét — a termelés biologizálásának eszméjét: nincs miért kárba veszniük a természet ajándékozta *gépeknek* és *eszközöknek*. Régóta ismert, hogy a növények vegyi összetétele hasznos ásványok jelentését jelezheti. A méhecskék méze *édes térkép*, amely a nektárgyűjtő körzetben levő ércekről vall a geológusoknak. A tengerekben és óceánokban levő tengeri élőlények — algák, baktériumok, mikrobák — szervezetükben kémiai elemeket gyűjtenek össze. Nem lehetne arra készteti ni őket, hogy az ember számára értékes anyagokat gyűjtsenek? Létesítettek már gyárakat, ahol antibiotikumokat, vitaminokat, aminosavakat, fehérjéket, zsírokat nyernek. Folynak a veszélyes sugárzások elleni biológiai kutatások. Remélik, hogy élő szűrőrendszereket tudnak kiépíteni, hogy a

vizet, a levegőt és a talajt a radioaktivitástól megtisztítsák.

És bár sokat beszélnek ma a bionika sikereiről, be kell vallanunk, nincsenek még olyan felfedezések, amelyek közvetlenül közel vinnének bennünket ahhoz. hogy az élettelenből élőt tudjunk teremteni. Az élettelen természetben a bonyolultság növekedése az ellenállóképesség csökkonéséhez vezet. Az élő természetben pedig a bonyolult igen ellenálló. Egy szervezet a maga egészében ellenállóképesség szempontjából felette áll minden egyes külön-külön álló elemének. Miért képes az élő a fennmaradásra?

Gyakran összevetjük a magunk alkotta szerkezeteket az élőlényekkel. Ilyenkor látjuk, hogy tényked ésünkben még messze állunk a természettől. Keletkezett is egy jelmondat: *Élő prototípusoktól az élő elemekig*. Nincs mit próbálkozni azon, hogy a *második* természet tökéletességében megközelítse az elsőt, mondják egyes szakemberek. Jobb magukat a biológiai rendszereket átvenni, nem pedig azok elveit beépíteni egy gépbe vagy egy szerkezetbe.

Szó van arról, hogy az élő szövet és az élő szervezet felhasznál irányítás- és számítástechnikai elemeket. A már említett konyhai svábbogár szeme jól megragadja az irányított infravörös sugárzást. De hogy lehet ezt a sugárzást beépíteni a Föld egyik szputnyikjának önirányító rendszerébe?

Érdekes, hogy a biológia és a technika kölcsönhatásában létezik egy ellentétes irányzat is: a technikától a biológiáig. Más szóval: nem az életformáktól a gépi formákig, hanem ellenkezőleg, a gépi formáktól az életformákig.

Joffe akadémikus beszélt erről, akinek éleslátása egyszerűen csodálatra méltó. Arra a kérdésre, felhasználják-e az élő szervezetek azokat az eszközöket, amelyekhez a technika hozzájut (például a félvezetők sajátos tulajdonságait és előnyeit), azt válaszolta, hogy a biológiai folyamatok mechanizmusa és a félvezető rendszerű berendezések működése között közeli analógia látható. És a fotoszintézis példáján bizonyította a kapcsolatot a kristály és az élő falevél között.

Aligha szabad kételkedni abban, hogy a növények fotoszintézisc első fázisának alapja a fényhatás: a klorofill egyik elektronja, a fény energiáját felvéve, elszakad atommagjától. Eredményként ionizált molekulát kapunk, olyan szabad gyököt, amely kémiailag rendkívül aktív. A fényhatás az a láncszem, amely a biológiai folyamatokat a félvezetőkkel összeköti.

Térjünk vissza a bionika jelképéhez: a műtőkéshez, a forrasztópákához a az integrálhoz, vagyis e három tartóoszlophoz, amelyen a bionika épülete áll. Ezek megtestesítik mind a technikát, mint a biológiát.

Természetesen felvetődik a kérdés, kiknek kell a bionikához érteniük: a mérnököknek vagy a biológusoknak? Nem lehet kétséges, hogy a bionikával való foglalkozáshoz jól tájékozottnak kell lenni mind a technikában, mind a biológiában. A bionikusok meggyőződése szerint jobb, ha ezek az ismeretek egy fejben vannak, nem pedig egy szobában. Hiszen feltétlenül szükség van teljesen új gondolkodásmódra, ami egyaránt megfelel a mérnökének is és a biológusénak is.

A méhek, a hangyák és a kibernetika

Emlékezzenek vissza, azelőtt az emberek mennyi titokzatosat találtak e csodálatos rovarok — a méhek és a hangyák — nem mindennapi életében. Micsoda misztikus köd borította mindazt, ami a szorgos méh és a fáradhatatlan hangya igazi, dolgos életével volt kapcsolatos. Nemritkán — az embernek szemrehányásként s okulására — példákat hoztak fel a méhek és a hangyák életéből. Emellett hivatkoztak az emberfeletti erőkre, melyek oly nagyszerűen szervezték meg e kifogástalan életet. De múlt az idő. A tudomány egymás után tárta fel a természet rejtélyeit, és ma már elmondható, hogy az ember a méhekre vagy a hangyára nem tekint tiszteletteljes csodálkozással, hanem bátran vizsgálja őket a kutató szemével. A méhcsaládok és a hangyatársadalom biológiai alapjaiba hatol be.

Miért gyülnek az állatok nyájakba, ménesekbe, a madarak meg csapatokba? Ki hívja egybe a tollasokat óriási sereggé? Miféle erő hozza össze a madarak zajos, örökké izgő-mozgó telepeit? Ki az az irányító, aki a madárvonulások több millió kilométerén át szabályozza csapatok röptét? Megleljük-e valaha is azokat a víz alatti pásztorokat, akik a folyókban és a tengerekben, a tavakban és az óceánokban terelgetik a halrajokat?

Minden bizonnyal a kibernetika felhasználásával deríti majd ki idővel az ember a szervezetek sokféle életfeltételét, és főleg csoportosulásaik irányításának törvényeit. Ez az az eszköz, amely lehetővé teszi, hogy megfejtsük e titkokat. A méhek élettörvényeinek tanulmányozásától eljutottunk a természetirányítás kibernetikai törvényeihez, s általában az élet törvényeinek elemzéséhez.

Amikor a méhek életét kibernetikai szempontból vizsgáljuk, ez senkiben sem kelt csodálkozást. A hangyák élete még nagyobb szabadságot ad a kibernetikai gondolkodásnak.

Hogyan találják meg a hangyák az utat, miként reagálnak a fényre és az illatra, minek a segítségével szilárdítják a hangyacsalád egységét? Olyan meghatározásokat kell itt használni, mint az *információ*, a *jelzés* és a *memória*.

Most győződtünk meg arról, hogy a kölcsönös összefonódásnak milyen fontos eszköze a csápok összedörzsölése, a kémiai elemek, az illatos útjelek megérzése. Ugyancsak ezek egyesítik a különálló egyedek munkáját is, a család is érzékeli az információt, s reagál is rá mint valami egész.

Egy hangyacsalád igen bonyolult jelskála feldolgozására képes annak ellenére, hogy egy hangya gombostűfejnyi fejecskéjének egy negyedét sem teszik ki az idegdúcok. Ma, amikor a tudomány olyan folyamatok modellezésének feladatát állítja maga elé, amelyek a gondolkodó agyban mennek végbe, egy ilyen csodálatos jelenség különös figyelmet érdemel.

Egyébként a biológusok nem mindig képzelték el helyesen a kibernetika adta lehetőségeket. Egy kitűnő biológus Párizsban megjelent könyvében az állította, ha sikerülne egy olyan beren-

dezést létrehozni, amely érzékelni képes mindazokat a tényke-déseket, melyekre a morzsányi hangya képes, akkor ezt a beren-dezést nagyobb épületben kellene elhelyezni, mint a világ egyik legmagasabb épülete — a New York-i Empire State Building. Mit is jelentenek hát akkor egy hangyacsalád tényked*é*sei? A dolgok logikája szerint azokat csak egy New York nagyságú elektronikus gép tudná reprodukálni. Így van ez?

Nem. Az elektronikának a matematikával szövetségben való fejlesztési perspektívái ésszerűbb, gazdaságosabb utakat ígér-nek. Már megalkották a neuron elektronikus modelljét, model-lezés alatt állnak az agy egyes funkciói, s már nincs messze egy hangyamodell elkészülése sem.

Már ma kódolni lehet a táplálékot cipelő hangyák jártát-kel-tét, és kiszámítható az elektronikus gépeken, hogy azok meny-nyire célszerűek. A közlekedésben a teherszállítás optimális el-rendezését megoldottuk. Bizonyára le tudjuk majd írni és el-lenőrizni egy hangyacsalád információátvitelének számtalan mó-dozatát is.

Egyre gyakrabban találkozunk az élőt vizsgáló kutatókkal, és azokkal is, akik berendezések modellezésén és azok miniatű-rizálásán dolgozva, a társas rovarok világában, köztük a hangya-bolyban, az élő modellezésének olyan természetes változatait találták meg, amelyek az organikus fejlődés teremtette, leggaz-dagabb kibernetikai, kelléktárat jelentik.

Kiegészítés egy életrajzhoz

*Pjotr Vaszil*j*evics Miturics* nevét azon művészek között ta-lálhatjuk, akiknek az alkotó tevékenysége alapján határozzák meg a korlátlan művészet mesteri tudásszintjét. A szovjet grafi-ka, a rajzolás vezéralakjainak egyike volt.

P. V. Mituriccsal kapcsolatban ismertetőkben, enciklopédiák-ban, művészeti kalendáriumokban találhatók adatok. Sehol sem

találnak azonban adatokat ennek az átlagon felüli embernek azon tevékenységéről, ami alkotó egyéniségének második énjét jelentette.

Miturics, a művész, eredeti feltaláló is volt, első azok között, akik elmélyülten szemlélve a természetet, bátran elhatározták, hogy a technika számára elérhetetlen élő elveket merítenek. Nem csupán kísérletezett, hanem a legbonyolultabb törvényszerűségeket próbálta megérteni és feltárni.

Első pillantásra a Miturics-féle felfedezésekről szóló elbeszélés inkább egyk másik könyvben kaphatna helyet az energetikáról szóló témákban. Mégsem véletlenül választottam őt ki *A kibernetika érdekes kérdései* számára: mélyen megfogott a művész éleslátása, nem a mérnöké, hanem a művészé, aki meglátta a természetből a technikába átvihetetlennek látszó elvek átplántálási lehetőségét. Hiszen ez nem más, mint a technikai feladatok megoldására szolgáló bionikai eljárásmód!

Miturics olyan hajtóművet készített hajók, siklóhajók részére, amely egyáltalán nem hasonlított az addig ismertek egyikére sem.

Ha kézbe veszik azt a hajómodellt, amit *Miturics* épített meg, olyan érzésük támad, mintha egy élőlényt tartanának a kezükben, a modell olyan mozgékony, hajlékony és rugalmas. Vízre bocsátják, s úgy viselkedik, mint a hal, mozog, forgolódik, akár egy angolna.

P. V. Mituricsnak, miután a hullámcsavarokat 1921-ben feltalálta, még 12 találmánya volt. Közülük 9-re szabadalmi védelmet kapott.

A feltaláló előterjesztéseinek szokatlansága ijesztő volt. Senki sem akarta megérteni elgondolásainak újszerűségét és bátorságát. Kerekén lemondott a csavarról mint mozgásátviteli szervről, a hajózó szerkezetek olyan, teljesen eredeti konstrukcióit ajánlva, amelyek szokatlan dinamikai sajátosságokkal rendelkeztek — egy egész test *élő* konstrukcióját.

A szakértők azt mondták a feltalálónak: — Mi, hajóépítők, küzdünk a hajók hajlékonysága ellen, Ön pedig a hajlékonysá-

gukban keres valamiféle dinamikai lehetőségeket. Az esztelenségig bátor dolog, fantasztikus és időszerűtlen.

Természetesen bátor és természetesen fantasztikus: enélkül nem létezett volna *Miturics*, a feltaláló. A természetben észlelve a hullámmozgás elvét, ő — az alkotó ember — nem tudott lemondani erről az ötletről, s éjjel-nappal rá gondolt. Erre az elvre támaszkodva találta fel azt a szabályozó szerkezetet, amely a levegőnek a kormányozható léghajó burkolati ballonjába való folyamatos be- és kieresztésére szolgál azzal a céllal, hogy a léghajó levegőbeni helyváltoztatásához hullámszerű lengőmozgást hozzon létre. Erre szabadalmi védelmet is kapott. Miután 1921-ben egy hullámmozgású repülőszerkezet modelljének vázlatával kapcsolatban megtette első bejelentését, és a későbbi hírneves aerodinamikai tudóstól, *Jurjev* akadémikustól elutasító választ kapott, nem ijedt meg, s nem nyugodott meg, hanem 30 évig fáradhatatlanul dolgozott, és mégis megalkotta a modellt. Összsúlya 70 gramm, a motorja 53 gramm, rakodótere 6,6 dm². A modell 1951-ben önálló startot, a földtől való felemelkedést és alacsony repülést hajtott végre!

Egyszerűen bámulatba ejtő, hogy ez az ember, aki a művészetben sokat, tehetségesen, s fáradhatatlanul alkotott, időt lelt arra, hogy műszaki felfedezéssel is foglalkozzék.

Hisz nemcsak egyszerűen eljutott tapasztalati úton egy új elvhez, a hullámmozgáshoz, hanem ésszerűen igyekezett azt alkalmazni is különböző területeken. Mint feltaláló, egy sor kísérletet végzett, s elgondolásának megalapozottságában bízva a Közlekedésügyi Minisztériumhoz fordult ajánlatával: *A vasúti hullámpálya előnyeiről* címmel. Ez a pálya gyakorlatilag nem egyenes vonalú, hanem hullámszerű mind vízszintes, mind függőleges síkban. Láttam e kísérleteket egy szerkezeten, amit még a feltaláló épített meg. Az őt ért elutasítások közt kutatva azonban nem találtam meg teljes magyarázatát annak, amellyel tagadható lenne az a fizikai hatás, amit *Miturictól* nyertünk. Egyszerűen azt válaszolták neki: — Nem bocsátkozva az Ön munkájának elméleti megalapozottságába... mivel ez az Iparügyi

Minisztérium működési területén kívül esik, ajánlatának elfogadhatatlan voltát megerősítjük.

Igaz, írtak így is: „Kedves Kolléga! Kérem, ne tagadja meg *Miturics* elvtárs találmányával kapcsolatban a konzultálást. Úgy tűnik számomra, hogy itt valami egészen érdekes dolog van...“

Érdeklődve Miturics elgondolásáról G. M. Krzsizsanovszkij akadémikus írt így 1933-ban. És igaza volt. Ma a bionika viharos fejlődése a természet utánzásának sokféle útját sugallja az embereknek, melyből közvetlen hasznuk származhat. A sajtóban már megjelentek olyan közlemények, hogy az USA-ban *hullámrendszerű* tengeralattjárót építenek, s kísérleteket végeznek egy hullámszerű lebegő mozgást végző léghajóval is.

Hogyne idéznénk itt *Pjotr Vasziljevics* koserű szavait: „Egy elvileg új gondolat előrehaladásának történelmileg megismétlődő nehézségei előfordulhatnak, és ez esetben unalmas lenne párhuzamokat vonni.“

Párhuzamokat vonni valóban unalmas dolog. Magam sem teszem azt. De nem tudok nem szólni arról, amit művész barátomnak, *Maj Petrovics Mituricsnak*, a feltaláló fiának műtermében megismertem.

Kellenek-e a formulák a lomboknak és a Földnek?

Oleg Nyikolajevics Piszarzsevszkijnél, az írónál volt egy jegyzetfüzet, amelybe abból, ami őt elbűvölte, a legcsodálatosabbat és a legvalószínűtlenebbet beírta. Egy szép napon, amikor kétségbeesetten vitatkoztam vele a dzsesszről (nagy kedvelője, s ritka ismerője volt a dzsessznek), egészen váratlanul egy ilyen feljegyzést olvasott fel:

„Nemzetközi botanikus kongresszus. *Singh* és *Paniach* (India) munkáit a meglepetés és elragadtatás vegyes érzetétől áthatva fogadták. Az indiai tudósok minden reggel 25 perces koncertet rendeztek egy, az álokhínárhoz hasonló növénynek. A változá-

sokat mikroszkóp alatt figyelték, amelyek a zene hatására a levelek protoplazmájában zajlottak le, és rájöttek arra, hogy a növény fejlődési életritmusa és a rá gyakorolt zenei hatás teljes összhangban van. Analóg megfigyelésnek vetették alá a mimózát. A muzikalizált mimóza növekedése másfélszerese volt a csendben növekedőnek. A zene és a növények növekedése! A tudomány valóban csodálkozásra tanithat.

Igen, a tudomány meg tud tanítani a csodálkozásra.

Azoknak az embereknek a vérsavója, akik a skizofrénia mozgásbénító változatától szenvednek (hosszan tartó bénaság), az állatokban, sőt még a véglényekben is fékező hatást vállt ki.De ha csak ez lenne! Azok a növények, amelyek ilyen vérsavókat kapnak, nem fordulnak többé a Nap felé.

Nemrég pedig szovjet tudások érdekes kísérleteiről olvastam. A világ egyetlen laboratóriumában sem sikerült hasonlót elérni. Ime, itt van e kísérletek leírása.

A tökszárban áramvezető kötegeket mutattak ki, amelyeket mikroelektródákkal kötöttek össze. Azután különböző módon ingerelték a növény gyökerét, például enyhén bemetszették, Az ingerlési helytől 30—40 centiméterre másodperceken át elektromos impulzusok jelentkeztek: az oszcilloszkóp képernyőjén jelek látszottak.

Ez csak egy dolgot jelenthet: az ingerlés helyétől a jelzés a száron fölfelé elektromos impulzusként haladt. Ezek szerint tehát a növények sajátos *idegrendszerrel* rendelkeznek, és mint az állatok, reagálnak a külső ingerekre.

A növények, az állatok és az emberek is az életritmusok alárendeltjei. Elfáradunk, és valamennyiünknek szüksége van éjszakai pihenésre.

Még érdekesebb az a feltételezés (a kísérletek alapján), hogy a növényekben memóriaelemek vannak, hogy a növények felfogják a jelzéseket, és speciális csatornáikon át meghatározott központokba továbbítják. A központok az információkat feldolgozzák, s előkészítik a válaszreakciókat. E központok a gyökérnyakban vannak, s a növények sajátos *szívei*. A gyökér,

ugyanúgy mint egy szív, összehúzódik, s vannak izgalmi és gátlásos fázisai.

Már a fantasztikum határát súrolják azok az állítások, amelyek szerint a növényeknek saját nyelve van, s nemcsak a saját létük fenyegetésére, hanem más, velük rokon és közelükben található organizmusok kríziseire is reagálni tudnak. Ismeretes például, hogy a sérült és beteg fák több infravörös sugarat bocsátanak ki, mint az épek, s a beteg fákat rázza a hideg, magasabb a hőmérsékletük.

Ha a növények zöldidegeinek működését megfejtik, egy érdekes feladat megoldásához jutunk közel: a növekedés irányításához.

Erről álmodozott egykor a híres fizikus, *A. F. Joffe*, a világ első agrofizikai intézetének igazgatója. Meggyőződéssel jelentette ki, hogy az agrobiológiával foglalkozó ember — a fizika, a kémia és a matematika legkifinomultabb módszereit alkalmazva — az élő szervezet belső folyamatainak birtokába jut, és megismeri a növények kölcsönhatását a külső környezettel.

Ma egy laboratóriumban — a hagyományos lombikok, mozsarak, szűrők és kémcsövek társaságában levő növények helyett — miniatűr adatrögzítők környezetében láthatjuk a növényeket. Ezek rögzítenek minden, a zöld szervezetben lezajló életjelenséget és minden, a növény környezetében történő dolgot. Egész napon keresztül automaták rögzítik a sokféle adatot, részletes információkat. Bármely pillanatban szolgáltatják egy növény életének dinamikus bizonyítékait.

Ez ideig csak a legegyszerűbb növények irányítását tanultuk meg. A krasznojarszki Fizikai Intézetben automatikusan szabályozzák az egyszerű alga, a Chlorella növekedését. Az alga szaporodása egyszerű kettéosztódás. A Chlorellát — egy mérőrendszerrel együtt — olyan edénybe helyezik, ahol úszkálhat. Az edényen, tehát a Chlorellán is, fényt bocsátanak át, amely fotoelemre esik. A fényszóródás mértéke szerint határozzák meg a Chlorella sejtkoncentrációját a folyadékban. Egy berendezés ellátja a növényt fénnyel és ásványi anyagokkal mindaddig, amíg

a Chlorellát a maximális szaporodásra készteti. Az automata feljegyzi a legelőnyösebb életmódot, majd a folyamatot azon a szinten tartja.

A kísérletek az egyszerűtől a bonyolult felé haladnak. Idővel az irányítást nemcsak a legegyszerűbb növények esetében alkalmazzák majd, hanem a magasabb rendűeknél is.

Tegyük fel, hogy kukoricaállományunk 50 csöve (termős virágzat) 1225 egyszerű és 690 ezer kettős hibridet ad. Hogyan lehet meghatározni e keresztezések közül a legjobb variánst? A számítógép a szülőfajták ismert jellemzői alapján megtalálja a 40—50 legjobb változatot. A kiválasztott hibrideket mezőgazdasági táblákon próbálják ki. Nagy termőképességük, a szemeik zsír- és proteintartalma, a kártevőkkel szemben tanúsított ellenállóképességük különbözteti meg őket.

Sajnos, az emberi élet rövid, viszont egy új növényfajta kialakítása rendkívül hosszadalmas. A növénynemesítést művészetként emlegetik, s a szoboralkotáshoz hasonlítják. A nemesítő, a szobrászhoz hasonlóan, új formán dolgozik.

A nemesítésben a matematika is segít. Meghatározhatjuk, kiszámíthatjuk, hogy milyen tényezőktől függ a termőképesség, milyen jellemzők és mutatók alapján válasszuk ki a fajtát. A variációszámítás és a statisztika segítségével következtetnek a termés és az azt jellemző mennyiségek közti okszági kapcsolat mértékére.

Valaha Oroszországban a mezőgazdaságban a tudomány emberét *tudós agronómusnak* mondták. Nem is oly rég keletkezett a *mezőgazdasági mérnök* meghatározás. Most tanúi vagyunk egy szokatlan szókapcsolat, a *mezőgazdasági kibernetikus* születésének.

Mit csinálnak e ma még oly szokatlan foglalkozású emberek?

Az egyetlen mérőeszköz, amit azelőtt egy földművelő használt, a tulajdon keze volt. E *jelzőműszer* évszázadokon át kifogástalanul szolgált. A földhöz rakta a kezét, s megtudta a föld hőmérsékletét. Kezében szétdörzsölte a földet, s így megtudta, hogy érett-e a föld. Ez a *jelzőműszer* ma már az *elektronikus ér-*

zékelő. A mezőkre *termopókok* mennek ki. Lehetővé teszik az agronómus számára, hogy minden egyes parcella hőmérsékletét *érzékelje*. Az agronómus így pontosan meghatározhatja a vetés idejét.

Realitásként rajzolódik ki a mezőgazdaság irányításának igazán vonzó perspektívája. Természetesen ennek semmi köze a *gombnyomásos* terméselőállításhoz. Az agronómushoz az agrofizikai ismeretek sokasága jut el a mezei adatszolgáltatóktól. Mindazt, amit az elektronikus gépek tapogatói felfednek, a gép tökéletes rendszerbe foglalja, majd összeveti a maga gazdag tapasztalatával, amit program formájában tápláltak belo. A gép a növények számára diagnosztizáló orvossá, az agronómus számára elektronikus memóriává, s megbízható tanácsadóvá válik.

De a gép nemcsak a növények növekedésirányításával, nemesítésével, s a mezőgazdaság automatizálásával foglalkozik.

Összeállítható-e úgy egy traktorpark, hogy a gépvásárlásra ne kelljen fölösleges összegeket fordítani, s ugyanakkor valamennyi munka költsége a minimumra csökkenjen?

Kifizetődő-e, ha az egyágú földművelés hagyományos rendszerét néha a több ágazatos dinamikus gazdasági rendszerre változtatjuk?

Hogyan lehet idejében és pontosan felismerni a *beteg* földművelő gép diagnózisát anélkül, hogy a gépet szétszednénk?

Hogy lehet egyenletesen, hajrá nélkül biztosítani valamennyi kollektív gazdaság összes mezőgazdasági gépéhez az alkatrészellátást?

Ki lehet-e építeni a kolhozok és szovhozok termelési, technológiai és gazdasági életének hatékony matematikai modelljeit?

Milyenek a mezőgazdaság optimális irányítási módszerei?

Ezekre és még sok egyéb kérdésre a kibernetikus-mezőgazdászok válaszolnak majd.

Lám, milyen elmélkedésekre késztetett a növények növekedésére gyakorolt zenei hatás! Egyébként még megjegyzem, hogy a növények nem szeretik a dzsesszt, az lelassítja a növekedésüket, míg a klasszikus zene kedvükre való: attól gyorsabban nőnek.

A telepátiával való személyes ismerkedés néhány epizódja

Bevezetés az epizódokhoz

Otthon gyakran betér hozzám az *A. Sz. Popovról* elnevezett Rádiótechnikai és Híradástechnikai Bioinformációs Tudományos-Technikai Társaság telepátiával foglalkozó ülései után *Szever Ganszovszkij*, a dús fantáziájú író. Oly meggyőzően bizonygatja a telepatikus kapcsolatlétezését, oly vonzóan és átérzéssel beszél erről, hogy kész vagyok hinni neki, de ... Ez a *de* kibírhatatlan! Nem véletlenül mondják a franciák, hogy *A de segítségével még Párizst is palackba lehet zárni*!

Első epizód

Tulajdonképpen éppen akkor kezdődött megismerkedésem a telepátiával. Egy alkalommal, pontosabban 1959. december 16-án, levelet hozott a postás a következő tartalommal: „Tisztelt Elvtárs! A Moszkvai Állami Egyetem talaj biológiaszakának irodája mellett működő Tudományos Diáktanács meghívja Önt az általános biológiaszakkör ülésére, ahol a *Biológiai rádiókapcsolat* című témában *B. B. Kasinszkij*, a fizikai-matematikai tudományok kandidátusa tart előadást Az előadást... tartjuk, odautazás... Kérjük, hogy belépéséhez hozza magával személyi igazolványát.“

Az előadásra nem mentem el, *Kazsinszkij Biológiai rádiókapcsolat* című könyvének kéziratát olvastam. Akkoriban az Ifjú Gárda Kiadóban dolgoztam. A szerző itt szerette volna megjelentetni a kéziratot.

Bevallom, nehéz volt közömbösnek maradnom a telepatikus kapcsolatokkal szemben, amelyekről a kéziratban olvastam.

... 1919 augusztusának végén *Kazsinszkij* fáradtan és letörten tért haza. Előzőleg egyik barátját látogatta meg, egy 19 éves ifjút, aki hastífuszos, súlyos beteg volt. *Kazsinszkij* teázott, majd aludni tért. Az éjszaka közepén váratlanul felébredt a füle mellett észlelt szokatlan csengésre. A csengés olyan volt, mintha ezüstkanál ütődött volna egy vékony falú pohár széléhez. *Kazsin-*

szkij lámpát gyújtott, hogy lezavarja a macskát az asztalról. De sem teáspohár, sem mascka nem volt ott. Rátekintve az ébresztőórára — az két órát mutatott — ismét elszunnyadt. Másnap azonban a fiú édesanyja elmondta, hogy a beteg az éjjel pontosan két órakor meghalt, amikor kanalas orvosságot akart beadni neki, ezüstkanállalt véve ki azt egy pohárból.

Kazsinszkij tanúja volt rendkívül eredeti kísérleteknek is, amelyeket egy híres idomár, *V. L. Durov* végzett Mars nevű kutyájával. Felidézem azt a kísérletet, amit 1922. november 17-én jegyzőkönyvben rögzítettek.

„*V. L. Durov* kezdeményezésére *G. A. Kozsevnyikov* professzor azt a feladatot adja *Durovnak*, hogy szuggerálja a kutyájába a következő feladatot: menjen ki a vendégszobából az előszobába, menjen oda a telefonasztalhoz, vegye a foga közé a telefonkönyvet, és hozza be a vendégszobába... *Durov* a kutya ábrázatát fél percig fixírozza, majd elengedi a kutyát. Mars a szoba közepe felé tart. *Durov* újból leülteti Marsot egy karosszékbe, és — pofáját a kezei közt tartva — fél percig fixírozza. Ekkor ismét lengedi. Mars az ajtó felé megy, és be akarja csukni. A harmadik fixírozás után Mars az előszoba felé igyekszik, ahol egy kis szekrény előtt a hátsó lábaira áll. Az asztalon nem találva semmit odamegy egy tükörasztalhoz. s újból a hátsó lábaira áll. Keresgél, de nem vesz le semmit. A telefonasztalhoz megy, két lábra áll, eléri a telefonkönyvet, és beviszi a vendégszobába... A kísérlet alatt mindenki a vendégszobában volt. Az előszobában egyedül a kutya tartózkodott. Cselekedeteit *Kazsinszkij* professzor a nyitott ajtón át figyelte. *Durov* a vendégszobában — a kutya látósíkján kívül — tartózkodott."

B. B. Kazsinszkij rádiómérnök a telepatikus kapcsolat hasonló eseteit úgy szemlélte, mint egy *adó* és egy *vevő* közti biológiai rádiókapcsolatot. Nem kételkedett abban, hogy *az embernek megvan az a képessége, hogy a tudatában felfogja a fizikai közegen át érkező gondolatokat, valamint, hogy mások akaratát gondolatai útján befolyásolja. Ezt a képességet, tehát a telepátiát az agy*

által kibocsátott elektromágneses hullámok teszik lehetővé, a rádiókészülék működéséhez hasonlóan.

Meg volt győződve arról, hogy az információ hordozójaként az ultrarövid rádióhullámok szolgálnak. De...

Második epizód

Két eltérő példát választottam ki, a két legjellemzőbb típust a telepátia leírt esetei közül. Az első, ami *Kazsinszkijjal* történt (a barát halála), az úgynevezett spontán, önként jelentkező szuggesztió. *Durov* kísérlete (Mars kutyával) már valami más: cselekvésátvitel.

Beszélnek a „gondolati rádiókapcsolat" harmadik típusáról is, a képátvitelről. Ilyen esetet idéz *Upton Sinclaire* amerikai író a *Szellemi rádió* című könyvében. Az író és *Mary* nevű felesége, valamint *Robert Irwin* (*Mary* nővérének a férje) közötti képátvitelről olvashatunk. *Marynek* többször egy értelmetlen rajzolatra kellett gondolnia. Néha az effajta közvetítés sikeres volt. Különösen eredményes volt a vétel, amikor az asszony, saját szavai szerint, az *álom határán* volt.

Analóg esetek vannak *L. L. Vasziljev* professzor *Az emberi lélek titokzatos jelenségei* című könyvében. Ez a könyv megmutatta számomra, hogy nem minden olyan egyszerű a *biológiai rádiókapcsolatot* illetően, ahogy azt *Kazsinszkij* magyarázta.

Fogadjuk el axiómaként a telepatikus kapcsolat létezését. Akkor mindjárt felvetődik egy kérdés: mi is az információ hordozója a telepatikus kapcsolat esetében.

Vasziljev professzor írja: „... azzal a kérdéssel kapcsolatban, hogy a működő agy milyenfajta elektromágneses energiát termel, amely a közvetlen környezetbe jut, majd behatolva egy másik agyba, bizonyos idegi-pszichikai folyamatokat vált ki benne, a tudósok kétfélé nézetet vallanak: *Lazarev* szerint (akadémikus, a *Magasabb rendű idegtevékenység fizikai-kémiai alapjai* című munka szerzője) igen nagy hullámhosszú, alacsony frekvenciájú elektromágneses hullámok; *Cacamalli* (olasz neu-

rológus professzor) szerint igen rövid hullámhosszú, nagy frekvenciájú hullámok."

Teljesen ellentmondó nézetek! Az elektromágneses elmélet nem látszik kielégítőnek. Ha a vizsgálandót és a kísérletezőt fémellenző választja el (az nem bocsátja át a rádióhullámokat), e telepatikus duett akkor sem gyengül. *Vasziljev* professzor szerint éppen ezért vitatható a jelenségek távszuggesztiójának elektromos természetéről alkotott feltételezés. Ez azonban nem zárja ki azt, hogy az ember működő agya valamilyen anyagi teret alkot vagy valamilyen olyan energiát termel, amelynek következtében a távszuggesztió megvalósul.

Valamilyen anyagi tér, valamilyen energia...

Harmadik epizód Fogadóest az Újságírók Központi Házában. Tudósokkal beszélgetünk a telepátiáról. A terem zsúfolt, és két antagonisztikus csoportosulásra oszlik: a lelkesekre és a kétkedőkre. Nehéz megmaradnom az objektív megfigyelő szerepében. Telepatikus szeansz folyik. Feszült arcok, bosszús fejbólintások, kézlegyintések, megvető, fölényes mosolyok — de közömbösség sehol.

Itt hallottam egy fizikus ajkáról, hogy bármely középszerű tudós elő tud hozakodni tíz valóságszerű hipotézissel, amely megmagyarázza a gondolat közvetítésének mechanizmusát az egyik embertől a másikhoz. De ezeknek a magyarázatoknak az értéke egyenlő a nullával. Hogy valami világos nézőpontunk legyen a telepátiával kapcsolatban, a gondolatátvitel feltétlen tudományosan megállapított tényére van szükség.

A gondolatátvitelről már nagyon sokat írtak. E *kényes* kérdés bibliográfiája (amelyet *G. Zorab* állított össze, és 1957-ben New Yorkban jelent meg) mintegy ezer címet számlál.

Egyes kibernetikusok úgy gondolják, hogy a közlések telepatikus kapcsolat útján való átadását úgy kell szemlélni, mint egy hírátviteli csatornát, amikor a hibás közvetítés valószínűsége igen nagy.

Az elektrofiziológus *Walter Grey*, híres kibernetikai munkák szerzője, a parapszichológusok 1965-ös kongresszusán (az USA-ban) ismertette a telepatikus vizsgálatokban alkalmazott pontos neurofiziológiai módszereket. A tudós megmutatta, hogyan tükröződik egy hipnotikus hatás az encefalogramon. Feltételezi azt is, hogy ugyanaz a módszer alkalmazható a gondolati szuggesztió esetében is.

De... ezek ma még csak feltételezések...

Negyedik epizód

A telepátiával kapcsolatos fogadóestről beszámoltam a tudományos-fantasztikus irodalom legidősebb mesterének, *Lev Ivanovics Gumiljevszkijnek*. Tudtam, hogy érdeklik a lélek titokzatos jelenségei. A *Butlerovról* írott könyvében egész fejezetet szentel a nagy kémikus hipnózishoz fűződő szenvedélyéről. *Gumiljevszkij* óvatos ember. Ha már hozzákezd valamihez, akkor közvetlenül a lényegig hatol, s feltétlenül a maga magyarázatát emeli ki.

— Küldök magának valamit, olvassa el — mondta *Lev Ivanovics*.

Egy idő múlva nagy csomagot kaptam. A *Sors és élet* című, visszaemlékezéseiről szóló kiadatlan könyvének egyik fejezete volt benne. (*L. I. Gumiljevszkij* levéltári anyaga, a Központi Irodalmi Galériában, 2221-es tétel.)

Lev Ivanovics a telepátiával kapcsolatban több esetnek volt szemtanúja. Vele is történtek ilyen esetek. Így jutott el ahhoz az empirikus következtetéshez, hogy a biológiai információátvitelnek két szükséges feltétele van: ha az információközvetítő fokozott idegi és szellemi tevékenység állapotában van, az információ fogadója pedig az ellenkező, a legteljesebb agyi és idegi passzivitás állapotában. E feltételek elhanyagolása megerősíti és magyarázza sok olyan próbálkozás sikertelenségét, amelyek kísérletileg bizonyítanának a telepatikus kapcsolat létezését.

A kísérletet *Gumiljevszkij* szerint megvilágított teremben kell végezni, sok néző és bíráló jelenlétében. A bírálók, akik a szel-

lemi utasítást befogadják és továbbítják, pódiumon ülnek a nézők szeme előtt. Az utasítást befogadók ekkor még nem jutottak el a teljes passzivitás állapotába, sőt, még igen nyugtalanul viselkednek. Ugyanakkor az információt közvetítő bírálók és nézők a kísérleti alanyt megnyugtatni igyekeznek, aki megpróbál nyugodttá válni az aktív izgalom helyett.

Van még egy feltétel, ami *Gumiljevszkij* véleménye szerint elengedhetetlen ahhoz, hogy a kísérlet sikeres legyen: az információt átadó és az információt befogadó két embernek ismernie kell egymást. Ha idegenek, és csak a kísérlet idején találkoznak először egymással, akkor a kísérlet eredménytelen marad.

Igaz, *Gumiljevszkij*, mint a telepátia valamennyi híve, „fenntartja magának a jogot", hogy megmagyarázza az előforduló sikertelenségeket akkor is, amikor minden szükséges feltételt betartottak.

Ha a lehető összes feltételeket betartották is, mondja *Gumiljevszkij*, emlékezzenek *I. P. Pavlovnak*, a fiziológusnak arra a szomorú vallomására, amely az utolsó előtti, a *Nagyagy féltekéinek működéséről* szóló előadásában hangzott el: „Sohasem lehetünk meggyőzve arról, hogy a jelenség létezésének valamennyi feltételét ismerjük. Akár a külső környezet, akár a belső világ legkisebb rezdülése, amely gyakran alig fogható fel vagy egyáltalán nem is gyanítható, élesen megváltoztathatja a jelenségek menetét..."

Ötödik epizód) 1967-ben jelentős angol tudományos újságíró-küldöttség utazott a Szovjetunióba. A társalgásokon a tudomány valamennyi területe szóba került, a telepátia is. Ezért természetes, hogy amikor a *Science Journal* főszerkesztőjétől, *Robin Clarke-tól* egy levelet és folyóiratának augusztusi számát Londonból megkaptam, mindjárt felfigyeltem egy érdekes információra. Széles körű telepatikus szeanszról tudósítanak, amelyen 160 ember vett részt egyidejűleg.

Stanley Milgrem vezetésével telepátiás programot hajtottak végre a Harvard Egyetem munkatársai Boston és Nebraska között.

Az információ érzékelője, befogadója egy bostoni lakos volt, az adó (akik a közlést továbbították) pedig 160 ember, akiket Nebraskában találomra kiválasztottak. Senki sem ismerte közülük személyesen a bostonit, csupán a nevét és néhány adatot tudtak róla.

Az információs Nebraskában szigorú sorrendben haladt: mindenki csak egyetlen partnernek adhatta tovább. A bostoninak pedig telepatikusan fel kellett fognia a párbeszédet. Néha azonnal sikerült, néha tíz adás is kellett ahhoz, hogy sikerüljön. Ebből átlagoltak, öt telepatikus közlésből egyet vettek.

Hatodik epizód

1960 nyarán Moszkvában a Politechnikai Múzeum nagytermében *Wiener A nagyagy hullámai és a tanulórendszerek* címmel tartott előadást. Egyebek közt ismertette, hogy az emberi agyban keletkező elektromos rezgések között a legnagyobb energiája a körülbelül 10 hertz frekvenciájú rezgéseknek van. Ezek a rezgések élesen kicsúcsosodnak, és azt követően meredeken leesnek. Azt a frekvenciát, amely a csúcsnak felel meg, alfa-hullámnak nevezték el.

Wienernek feltették a kérdést: a gondolkodás folyamata együtt jár-e elektromágneses sugárzással, és kimutatható-e a sugárzás? A tudós azt válaszolta: az emberi test méretű antenna millió hertz rezgésszámú elektromágneses hullám kibocsátására képes. Ez azonban más rezgésszámú jel lesz, mivel a sugárzáshoz vagy az alfa-hullámú jelek vételéhez egy Szovjetunió méretű antennára lenne szükség.

Amikor az előadást követően *Wienerrel*, a tudóssal elbeszélgettem, feltettem neki néhány kérdést. Minden kérdésemre válaszolt, kivéve a telepátiával kapcsolatos kérdéseket.

De négy év múlva mégis kaptam választ. *Wiener* egyik legutolsó művében, a *Dinamikus rendszerek a fizikában és a biológiában* című könyvben találtam erre a szövegre:

„A pszichológia lényegében fenomenologikus tudomány, egyre inkább a neurofiziológiával kerül kapcsolatba. A sokféle, telepátiával kapcsolatos probléma, amely mind ez ideig néhány megbotránkoztató előítéleten alapult, a tudományos kutatás reális területének tárgya lesz."

Hetedik epizód Azt követően, hogy a vázlatokkal kapcsolatos munkát elvégeztem és azokat közzétettem a *Szmena* című folyóiratban, a *Lityeraturnaja Gazetában* megjelent egy cikk a következő alcímmel: *A telepátia hatása nem mutatható ki. Moszkva—Kercs ellenőrző kísérlet.*

A cikket tudományosan tagolták: *A kísérlet célja*, *Program és módszer*, *A kísérlet menete* és *Az eredmények* alcímekkel. A szakbizottság azt állapította meg, hogy *az adott kísérletből hiányzott a telepatikus kapcsolat.*

A *Lityeraturnaja Gazeta* szerkesztősége ismertette a neves tudósok névsorát és a kísérlet dokumentumait. Felkérte a tudósokat, hogy ismertessék saját nézőpontjukat.

Íme, néhány idézet a nyilatkozataikból.

A. Kolmogorov akadémikus:

— A kérdés több évszázados múltra tekint vissza. A telepátiával kapcsolatos kétes, sőt gyakran fantasztikus hírek áradatában sokszor megbízható is található. Nem szabad betiltani az effajta kísérleteket.

E. Krepsz akadémikus és E. Aszratjan, a Szovjet Tudományos Akadémia levelező tagja:

— *Anatole France* bölcs tanácsát követve, készek vagyunk lehetségesnek tartani egy látszólag természetfeletti dolgot, ha az előfordul.

Az utolsó epizód Itt vissza kell térnem az első epizódhoz — *B. B. Kazsinszkij* kéziratához:

„A nagyon alapos mérések és komplex számítások sora, melyeket a főnököm, *A. V. Leontovics* akadémikus végzett, arra

a következtetésre késztetnek engem, hogy az élő idegrost többek között abban is különbözik a fémvezetőtől, hogy nyilvánvaló vezetőképesség-többlettel rendelkezik. Mint ismeretes, igen nagy vezetőképesség nagyon alacsony hőmérséklet esetén lehetséges, azaz —268,9 °C-on. Az ember elő tud állítani ilyen hőmérsékletet, tehát olyan berendezéseket is építhet, amelyek lehetővé teszik a kivételesen kis erősségű bioelektromos hullámok vételét, továbbítását és regisztrálását anélkül, hogy azok energiáját csökkenteni kellene. Ez azt jelenti, hogy hozzá lehet fogni az olyan berendezések megteremtéséhez, amelyek felfogják és megfejtik az olyan elektromágneses hullámokat, melyek az ember központi idegrendszerének pszichikai működésével járnak együtt. Ezek lesznek az első olyan készülékek, amelyek a biológiai rádiókapcsolatot szolgálják."

Az ember pszichikai tevékenysége és a túl alacsony hőmérsékletek: ily távoli fogalmak e szokatlan egymásmellettisége lehetetlen, hogy ne vésődnék emlékezetünkbe.

Erre emlékeztem vissza magam is, amikor szemem elé került a *Fizikai-kémiai napló* 1966. évf. 2. és 4. száma, amelyekben *N. I. Kobozev* professzor *Az információ és a gondolkodás folyamatainak fizikokémiai modellezéséről* szóló meghökkentő tudományos feltevéseiről számolt be.

Kobozev, a kémiai tudományok doktora, az ember szellemi tevékenységében problémáját a termodinamika, azaz a molekuláris-kinetikai rendszerek legáltalánosabb tudományának szemszögéből vizsgálja.

Ha az ember információs és szellemi tevékenysége atomos-molekuláris mechanizmusokkal függ össze, akkor arra — *Kobozev* véleménye szerint — valamennyi termodinamikai törvény érvényes, különösen az anyagmegmaradás törvénye és az entrópia növekedésének elmélete. A bizonyítás kedvéért ismerteti *Kobozev* professzor az információ és a gondolkodás termodinamikai modelljeit.

Mivel az atomok és molekulák állandó mozgásban vannak, ki akarnak szóródni az egész térbe. Innen ered az entrópianöveke-

pés elmélete, vagyis egy rendszer rendezett állapotából rendezetlen állapotba való átalakulási törekvése. Ez csak egyetlen feltétel mellett nem következik be: ha mindenféle hőmozgás megszakad, vagyis abszolút nulla hőmérsékleten. Ekkor az entrópia nullává változik, s a termodinamikai rendszer rendezett állapotban marad.

Térjünk most vissza a gondolkodáshoz. Az egyértelmű következtetés a tudat stabil állapota termodinamikai értelemben. A gondolkodó tevékenység végeredményének csodálatos egyértelműsége a szigorú irányítottság bizonyítéka. Ez nyilvánvalóan nem függ az atomok és molekulák kaotikus mozgásától, amelyekből az agy anyaga felépül.

A következtetéseket meg lehet ismételni számtalan esetben, ugyanazzal az eredménnyel. Például, ahányszor csak tetszik, megismételhető *Pithagorasz* tételének bizonyítása, s a következtetés mindig ugyanaz lesz. Tehát egy termodinamikai rendszer valószínűsége, amely megvalósítja a gondolkodás folyamatát, mindig egyetlen állapot valószínűségével egyenlő, ami a gondolkodáshoz fontos mikrorészecskék adott esetben egyedül lehetséges állapotának felel meg, beleértve azok szabályozottságát és a rendezetlen hőkáoszra való hajlamát.

Következésképpen szabályosak és egyértelműek a logikai ítéletek. Ez azonban fizikailag csupán egy feltételnek felel meg: a részecskéknek, melyekből a gondolkodás apparátusa felépül, abszolút nulla hőmérsékleten kell lenniük! „Ebből — írja *N. I. Kobozev* — elvi jelentőségű következtetés származik: a gondolkodás mechanizmusa nem lehet a számunkra ismert részecskék útján megvalósuló atomos-molekuláris szinten.“

Gondolkodáskutatás elemi magrészecskék szintjén: ez valami új a jelenkori tudományban! Ha közvetlen kísérlettel bemutatható, hogy e feltevés igaz, akkor az összes, a biológia tudományához tartozó problémát egészen másképp kell vizsgálni.

Akkor majd az élő természetben zajló úgynevezett titokzatos jelenségek közül sok nem lesz titokzatos... de ... nem kell elfeledni, hogy ez csupán feltételezés.

Az utolsó epizód kiegészítése

Régóta nem tér be hozzám a telepatikus szeanszok után *Szever Ganszovszkij*, a fantasztikus történetek írója. Igen, azt mondják, már régóta nem is létezik az *A. Sz. Popovról* elnevezett Rádiótechnikai és Híradástechnikai Bioinformációs Tudományos Társaság. A telepátiával kapcsolatosan észrevehetően elültek a szenvedélyek, s a *telepátia hódolói* is elhallgattak. A maga idejében *D. B. Raine* világszerte ismert egyetemi parapszichológiai laboratóriuma (a Duke Egyetemen, Észak-Carolina, USA) ma már nem az egyetemhez tartozik. Most magáneszközökből tartják fenn, és egy kicsi házban van, melynek ajtaján egyetlen szó sem jelzi a telepátiát, hanem egyszerűen *Az ember tanulmányozását szolgáló szervezet* felirat látható rajta. Még az olyan bátor fantaszta is, mint *Stanislaw Lem*, a múlt és a jövő kibernetikai értelmezéséről szóló könyvében, a *Summa Technologiae -ben* kijelentette, hogy mindezek a jövőt tekintve semmiféle perspektívát sem nyitnak... Ezért nem nyúlhatunk tiszta lelkiismerettel a *telepatikus technológia* fejlődési távlataihoz.

Súlyos csapást mért a telepátiára *C. Hansen* a *Parapszichológia* című könyvében. Részletesen, sőt túl részletezően írta le különböző pszichológusok kísérleteinek körülményeit. s az ámítás módjainak és hibáinak lehető forrásait. A könyv nagy port vert fel.

Tehát a telepátiára komoly csapást mértek. A telepátia nem tudomány — állították.

Azért megint kapom a meghívásokat. Hol a *bioinformációs kísérleti kutatások módszerével* és a *telepátia tudományos problémáival* kapcsolatos szimpozionra, hol az Orosz Föderáció Pedagógiai Tudományos Akadémiája mellett működő Általános Pedagógiai és Pszichológiai Intézet egyik helyiségébe, a távhatások elektrosztatikai modelljének bemutatására, hol a pszichoenergetika és a hozzá kapcsolódó problémák területén működő tudósokkal való találkozásra, hol meg az orvostudomány és a gyakorlat előrehaladását tárgyaló egyetemi ülésszakra, ahol a biológiai információátvitellel összefüggő kísérletekről tartanak előadást.

N. I. Kobozev elküldte nekem egyik nagy munkáját, *Az információ termodinamikája és a gondolkodási folyamatok területén végzett kísérlet* című művét, amit a Moszkvai Egyetem 1971-ben adott ki. A monográfia kibővíti és elmélyíti *gondolkodáskutatásait* az elemi magrészecskék szintjén, melyekről korábban szóltam. A könyvből ítélve, a tudós figyelemmel kíséri az aggyal, a gondolkodással, az információátvitellel, s a biológiai kapcsolattal összefüggő publikációkat. Sőt, az én e témájú publikációimra is felfigyelt, és könyvében egyetértett velük.

1971 februárjában *Edgar Mitchell* amerikai űrhajós, az *Apollo*-14 személyzetének egyik tagja végezte az első telepatikus kísérletet az űrből. Megpróbálta a Földdel való kapcsolat megteremtését, csupán gondolati úton adva az információt. A kísérlet jól sikerült. Ez adta az alapot *Mitchellnek*, hogy azt állítsa: *Létezik telepátia. Ma ez még feltáratlan terület, de ugyanolyan célratörően kell kutatni, mint ahogyan más tudományterületeket vizsgálunk.*

Ugyanezt erősíti meg *Nat Tucker* a *Parapszichológia: az ősi misztícizmus és az új tudomány* című cikkében, amit az *America* nevű folyóiratban 1972 márciusában publikált. *Tucker* szerint a parapszichológusok folytatni fogják kísérleteiket, mi pedig át fogjuk vizsgálni koncepcióikat, hogy lépésről lépésre egyeztessük azokat az új tudományos felfedezésekkel.

Miért ne? Lehet, hogy ez így is van. De ... de, ahogy mondják, ha megérjük, meglátjuk.

Elektronikus parancsra, akaratom szerint

Az úttesten gépkocsi robog. Megfeledkezve az óvatosságról, a vezető állandóan fokozza a sebességet: 50, 60, 70, 80 km/óra. Egy kanyar mögül, az úttestet keresztezve, tehergépkocsi jelenik meg. A személykocsi vezetője erősen fékez. A fékek élesen csikorognak, azonban késő... baleset.

A közlekedésrendészeti felügyelő, lemérve a féktávolságot, megállapította, hogy a vezető néhány pillanatot késlekedett. A vezető azonban nem értett ezzel egyet, neki úgy tűnt, hogy idejében fékezett.

Hogyan zajlott le az egész fékezés? A vezető észlelte a veszélyt. Az agya kidolgozta a megoldást. Az ész utasítást adott a lábizmoknak. Az izmokban elektromos potenciálváltozás, bioelektromos áram keletkezett. Az izom összehúzódott: egy mozdulat, és a pedált lenyomta. Működött a fékberendezés. Végül megállt a gépkocsi. Hány fokozat ez? Micsoda hosszú az út az agytól a gépig!

Út az agytól a gépig. A gyakorlatban megfeledkeznek róla. Még a gép mellett álló ember sem gondolkodik el azon, hogy nemcsak egyszerűen áll a gép mellett. Nézzük meg kibernetikai szemszögből a gép mellett álló embert! Agya szüntelenül munkaprogramot dolgoz ki. A keze és a lába pedig — a természet legvirtuózabb eszközei — a kapcsolatot valósítják meg a géppel. Ezért mondják a szakemberek, hogy *bármelyik gépet, amit ember irányít, úgy lehet szemlélni, mint egy biomechanikus vezérlési rendszert.*

A biomechanikus rendszer — nevezzük egyszerűbben ember-gép-rendszernek — mindig működik. Néhány másodperc, de néha a másodperc törtrésze alatt is valami e rendszerben valamiképpen megváltozik.

... Egy repülőgép műszerfalán kigyulladt az egyik jelzőlámpa. A pilóta keze abban a pillanatban a kormányon volt. Mindössze a másodperc negyedrésze kellett a begyakorlott ember reakciójához. Ez idő alatt egy nagy sebességű sugárhajtású repülőgép azonban 150 métert tesz meg.

Negyed másodperc alatt egy modern rotációs gép majd félszáz újságot bocsát ki, egy hatalmas hengerű több tonna hengerelt árut, egy kénsavgyártó berendezés több tíz kiló savat állít elő.

Nehéz, igen nehéz az embernek a gépek egyre gyorsuló ütemét követni. Az ember mind gyakrabban teszi fel a kérdést ön-

magának: *hogyan szabaduljak a vezérlés súlyos kötelezettségei alól?*

A tudósok ezzel sok-sok éven át foglalkoztak. A kutatások és kísérletek alapján következtették, hogy az emberek mozdulatai általában nem jelentik a biomechanikus vezérlőrendszer elengedhetetlen láncszemét.

Miért?

Bizonyos, hogy mielőtt valamilyen mozdulatot végzünk, a mozdulatot végrehajtó izom bioáramai megváltoznak. Az ember saját akarata szerint elő tudja idézni a bioáramok jelentkezését az izomban, s szabályozni tudja azok nagyságát, nem is végezve mozgást. Elegendő csupán egy jelzés arról, az agynak egyetlen utasítása. Ennek az utasításnak megfelelően feltétlenül adott nagyságú bioáram keletkezik.

Maxwell, az elektromágneses elmélet megalapítója jegyezte meg, hogy *amikor azokat az erőket számítják ki, melyekkel az égitestek vonzzák egymást, a tudósok úgy érzik, tulajdon izmaik feszülnek meg az erőfeszítéstől.*

Az ilyen *erőfeszítéseket* nyugodtan nevezhetjük biopotenciáloknak. Nem nehéz egyszerű elektródokkal leszedni és felerősíteni őket. A tervezők megtalálták az ilyen jelzések feldolgozásának és a végrehajtó szerkezethez való továbbításának útját.

1957-ben szovjet szakemberek biomanipulátort készítettek. Később ezt fokozatosan tökéletesítették. Az Automatikus Irányítási Szövetség I. Nemzetközi Kongresszusának résztvevői elcsodálkoztak a teljesen szokatlan kép láttán. Egy 15 éves fiú, akinek hiányoztak a kézfejei, mesterséges kezével krétadarabot vett fel, és világosan, pontosan felírta a táblára: *Üdvözlöm a kongresszus résztvevőit!*

A zsúfolt terem rengett a tapstól. Az emberek a csodálatos bioáramos rendszer, a művégtag-manipulátor megteremtőinek tapsoltak. A manipulátort *vaskéznek* nevezték el.

E találmány óriási és humánus, mert nélkülözhetetlen testrészt ad vissza a rokkantaknak: kezet, amely mindent meg tud

tenni, az ékszerész finom munkájától kezdve a durva kalapácsütésig.

A konstruktőrök idővel majd mozgékonyabb, különböző manipulációkra képes művégtagokat készítenek. A *vaskéz* nagy erőt és lehetőséget ad az ujjak működésének utánzásához. A kezet érzékelővé teszi. Meg tudja majd különböztetni a forrót és a hideget, a nedvest és a szárazat, a simát és az érdest.

Nagy találmány ez. Ahogy egy újságíró mondta, *utat nyit abba az ismeretlenbe, amelybe a bioelektromos technika világa távolinak tűnő perspektívával együtt behatol.*

A bioáramokat, felerősítésük után, vezetékeken és rádiókon keresztül nagy távolságokra továbbíthatják. Tehát száz és ezer kilométerre is ki lehet nyújtani a *mesterséges kezeket*. Lebocsáthatók a tengermélyre, míg magunk a felszínen maradunk. A televíziós képernyő mutatja, hogy mi történik a vízben. A kezelő a mentőhajó kabinjából irányíthatja a tengerfenéken a víz alatti munkát. Egy elsüllyedt hajót lemerülés nélkül is előkészíthet a kiemeléshez.

Ilyen *kezekkel* látható el a mélytengeri buvárgömb, amely óceánok mélyére merül. *Tűzálló kezeket* adhatunk azoknak az embereknek, akik a kohók működését figyelik. Manipulációs kezek készíthetők tartós szigetelőkből, és akkor a hatalmas áramkörök nem lesznek olyan félelmetesek. Más *kezek* lehetővé teszik az ember számára, a fokozott sugárzástól sem félve, az atomberendezések sugárveszélyes zónáiba való behatolást.

Bebizonyosodott, hogy nemcsak a csontrendszer bioáramát lehet leszedni, de a szívizomét, a légzőmozgásokat irányító izomzatét és egyebeket is.

A szívizom bioáramait röntgenberendezéssel irányíthatják, és felvételt készíthetnek bármely pillanatban a szív összehúzódásáról. Szabályozhatják az altatás adagolását a műtéteknél, az oxigénadagolást a pilótáknál, az űrrepülőknél vagy a búvároknál.

A bioáramos végtagpótlás vezet el az olyan szervek protézisének létrehozását célzó gondolathoz, amilyenek az emberben

nem is voltak: bioáramos szárnyak vagy siklólemezek megalkotásához. A kibernetikusok olyan bioáramos rendszerekről álmodnak, ahol az ember a kényelmesen beépül egy gépbe, saját impulzusainak rendelve alá a mechanikai gépóriás tevékenységeinek teljes bonyolultságát.

Ma már bonyolult mechanizmusok irányítására késztetik a bioáramokat.

... Egy körvasútmodell vágányain egy mozdony és egy kocsi fut. A karosszékben, az asztal mellett, amelyre a modellt helyezték, ember ül. Mosolyogva figyeli a nézőket, és kézfejének könnyed mozdulatával hol megállítja, hogy mozgásra, hol meg a mozgásirányok megváltoztatására készteti a játékvonatot. Varázslat ez? Valóban, oldalról úgy látszik, hogy egy varázsló ül a karosszékben. Pedig ember az, aki a mozdony irányítására olyan szerkezetet használ, amit bioáramos irányítási elvekre építettek. Az egyik jelzést a kézfelhajlító izmokról szedik le, a másikat olyan izmokról, amelyek azt visszafelé mozdítják. Az egyik jelzés *utasítás előre*, a másik jelzés *utasítás vissza*.

Lehetséges, hogy ilyen ráhatási rendszere lesz majd az embernek a bonyolult gépek irányítását szolgáló mechanizmusokra is: a traktorokra, autókra, exkavátorokra, munkapadokra, darukra. Köztük és az ember között ily módon kialakul a közvetlen *élő* kapcsolat. Ez azonban mégis közvetített kapcsolat...

Nem lehet-e azonban az irányítás láncolatából kiiktatni a kézmozdulatot is, és olyan rendszert létrehozni, amely a közvetlen kapcsolaton alapul: emberi gondolat — gépi művelet?

1959-ben szverdlovszki iskolások bioáramos kezet építettek. Felfedezték azt is, hogy a *vaskéz*, amely ökölbe szorított állapotban volt, kitárta tenyerét, amikor az egyik ember azt mondta, hogy szervusz, és gondolatban azt képzelte, hogy kézfogásra nyújtja a kezét.

A testrészek izmainak bioáramait az elektromiográfia tanulmányozza. A szív bioáramai az elektrokardiográfia hatáskörébe tartoznak. Az agy bioáramaival pedig az elektroencefalográfia foglalkozik. Az utóbbinak a sikereitől nagyban függ a központ-

li idegrendszeri bioáramok gépi irányításra való felhasználásának megoldhatósága.

Amikor e problémát megoldják, akkor az a láncolat, mely az információt (az emberi utasítást a technikai berendezéshez) közvetíti, minimumra fog csökkenni. Képletesen szólva, a gépet a *ki nem mondott* kívánságok fogják irányítani.

Már nemcsak a fantasztikus írók, hanem a bioelektromos rendszerek területén dolgozó szakemberek is úgy nyilatkoznak, hogy elképzelhető olyan gyors röptű repülőgép, amelyben a pilóta nem tart kormányt a kezében, s a gép a legbonyolultabb manővereket végzi, csupán a pilóta gondolatainak utasításai szerint. A fantaszták még tovább következtetnek: meg vannak győződve arról, hogy beköszönt a bioáramos vezérlés korszaka.

— Így van-e? — kérdezem *A. E. Kobrinszkijt*, a műszaki tudományok doktorát.

— A fő az, hogy most bátran behatolunk oda, ahova azelőtt az automatizálás számára tilos volt a belépés. Olyan területekről van szó, ahol nem tudjuk mindazt előre megjósolni, ami bekövetkezhet. Ezek az események matematikailag nem írhatók le, a váratlan események nem programozhatók be.

Egy tudós a nagy hatásfokú, maximális műveletszámú és korlátozott szabadságfokú berendezések szükségességével kapcsolatban ezt mondta:

— Képzeljék el, hogy egy erdőben, a félelemtől őrülten, cikázva és ugrándozva, mint az eszeveszett, rohangászik egy nyúl. Önök pedig egy műkutyát eresztve a nyomába, igyekeznek bekerni a nyulat. Lám, itt pótolhatatlan a bioáramos vezérlőrendszer.

Egy másik tudós, *A. A. Blagonravov* akadémikus egyszer szó szerint meghökkentette hallgatóságát a bioelektromos technika lehetőségeivel:

— Ma már egész konkrétan vetik fel egy olyan robot létrehozásának a kérdését, amely ténylegesen az Önök mása lesz, és kívánságukra ásványokat gyűjt a Marson, vagy üdvözli az egyik sportbajnokot Rio de Janeiróban, holott Önök akkor Moszkvá-

ban lesznek. De nem pusztán mechanikus robot létrehozásáról van szó, amely a betáplált programot képes teljesíteni. Olyan robot megteremtéséről beszélünk, amely engedelmeskedni fog az Önök gondolatainak. Ez már nem misztikum, nem fantazmagória!

Az öregkor és a kibernetika — Fauszt és Mefisztó?

A legérdekesebb — s talán a legrégibb — probléma az emberi egészség megóvásának, az emberélet meghosszabbításának problémája. Az ókori orvostudománytól kezdve napjainkig az emberek mindig igyekeztek mindent, ami a legjobb, mindent, ami a legújabb a hosszú életért harcba állítani. Még egyáltalán nem is oly rég az orvostudomány felhasználta a *konkrét* tudományok — a biológia és a kémia - szolgálatait, ma pedig az emberélet meghosszabbításáért folyó harcba az *absztrakt* tudományok — a matematika és a kibernetika — is bekapcsolódtak. Milyen perspektívákat tár fel ez az életkor meghosszabbításában?

Az ősember átlagos életkora 19—21 év, az ókori Rómában 24 év, a feudalizmus idején pedig 31 év volt. 1926-ban Oroszországban elérte a 44,3 évet, 1959-ben pedig már több mint 68 évet. Ma 70, nemsokára 100 év lesz. Aztán pedig...

Az élettartamot kétféle módon értelmezik: mint potenciálist és mint átlagost. A potenciális a maximális tartamot jelenti. Különböző szakemberek ezt különféleképpen értékelik. 112 évet is, 124 évet is említenek. A hosszú élet rekordjai meghökkentők, de léteznek, s a számuk nem is kevés. *A. Bogomolec* akadémikus nem véletlenül tartotta az ember természetes korhatárának a 150—160 évet. Kortársaink hosszú élete is példa rá: *Mohammed Ayubu* Iránból azt állítja, hogy ő ma az élők közül a legidősebb. 1790-ben született — túl van a 180. évén. Ha *Ayubu* emlékezete nem csal, 160 éves korában nősült utoljára, s 170 unokája van. Egy másik iráni lakos, *Baks Ali Sabzi* is azzal ejtette ámulatba a világot, hogy 140 éves korában vett el egy 30

éves nőt. A legidősebb fia 87 esztendős, könyvem írásakor a legkisebb ... 2 hónapos!

Magas életkort ért el a három *Krisch* nővér is Luxemburgban: *Julie*, *Maria* és *Leony*. A legidősebb 96, a középső 94, a legfiatalabb 91 esztendős.

Ecuadorban egy egész falura való 100 éves lakos létezik. Az egyik fényképen 17-en vannak.

A hosszú életűek igazi fővárosa azonban nálunk, a hegyvidéki Karabahban van. Azerbajdzsán viszonylag nem nagy területén 185 lakos van túl a 100. évén!

Szinte szabály, hogy a hosszú életűek aktív életmódot folytatnak, dolgoznak, s gyermekeik vannak. A kenyai *Chifu Nieri* 107 éves, 111 gyermeke és 4000 unokája van. Honfitársának *Akuku Oswelnek* 105 gyermeke van.

A nagy muzsikus, *Pablo Casals* 93. születésnapjára — felesége ekkor 30 éves volt — 150 vendéget hívott meg. Arra a kérdésre, nem merült-e ki a vendégek miatt, kijelentette: — Ugyanaz vagyok, mint 50 évvel ezelőtt!

Az élettartam az élet vonzó titkainak egyike. Szeretne mindenki a titkok kulcsával rendelkezni.

De nem a hosszú élet rekordja a legérdekesebb, hanem az átlagéletkor. E kategóriába könnyebb bejutni, mint azon emberek sorába, akik maximálisan hosszú életet élnek. Ráadásul az átlagos élettartam egyre nő, a maximális viszont még sokáig ugyanazon a szinten marad.

Az első tudományos görbét az átlagélettartamról a 18. században rajzolták. E görbe szerint az 33,5 évvel volt egyenlő.

A múlt század hetvenes éveiben Európában pontos adatokat gyűjtöttek a halandóságról. 1871-től 1881-ig átlagosan 37 évet éltek az emberek. 1924-től 1926-ig 57,4 évet, 1949-től 1951-ig pedig 66,5 évet.

Oroszországban az átlagos életkor, amely 1913-ban 32 évvel volt egyenlő, a szovjet hatalom évei alatt majdnem a kétszeresére nőtt. Ma majdnem minden szovjet anya számíthat arra, hogy gyermeke megéri a 70. évét.

Az átlagéletkort azonban azért is nevezik átlagosnak, mert az átlagolás mögött a változatok sokasága húzódik meg. Bár az emberek az évszázadunk kezdetétől eltelt időszak alatt csaknem 20 évet hódítottak el a haláltól, ez nem mindenkinek egyformán adatott meg. A legtöbbet a nők szerezték meg maguknak. 1958-ban egy 50 éves nő az életkorlépcsőn ugyanazt a fokot foglalta el, mint amit 1900-ban a 30 éves, 1850-ben pedig a 28 éves.

Az USA-ban a ma született lányok valószínüleg elérik majd a 73 évet, a fiúk a 67-et.

A technikailag fejlett országokban, ahol az ipar erősen fejlett és sok a nagyváros, sok az öreg ember is: jellemző a lakosság elöregedése. A 60 évesnél idősebb személyek százalékaránya a különböző országokban: India 3,4%, Mexikó 5,6%, Japán 7,8%, Franciaország 16,2%. És e tendencia egyre szembetünőbb. (A vázolt százalékos tendencia csalóka! E mögött alig húzódik meg az átlagos életkor kitolódása — lásd Óegyiptom 5000 éves temetőinek leleteit — , hanem a szociális viszonyok változása és az idézett konkrét esetekben a populációrobbanás. Nem az öregek elhalása, hanem a gyerekek hallatlanul nagy születési aránya miatt adódtak e százalékarányok. — *A szerk.*)

Tehát az emberek tovább élnek. De hogyan érhető el, hogy 60, 70, 80 éves korban ne egyszerüen *átlagos életkoriak* legyünk, hanem tevékeny, munkaképes emberek is?

Talán egyetlen tudományban sincs annyi hipotézis, mint amennyi a gerontológiában és a geriátriában van. Ez a két tudományág foglalkozik ugyanis az öregedés problémájával.

A gerontológia a szervezet leépülési jelenségeivel foglalkozó tudomány. A geriátria mint a modern orvostudomány új ága, az aggkori betegségeket tanulmányozza, azok megelőzésének és orvoslásának lehetőségeit kutatja.

Az egyik enciklopédia így ír: „Az öregség törvényszerüen bekövetkező folyamat, azon szüntelen biológiai változások következménye, melyek az életfolyamatot alkotják."

Mikor köszönt be az öregkor? A gerontológusok az ember 45—59

éves korát tartják átlagosnak, a 60—74 éves kort éltesnek, és csak azután kezdődik az aggkor, a 75. év utáni korban. Akik túl vannak a 90. évükön, hosszú életűek.

Az izomerő maximumát az ember 20—30 éves korára éri el, azután fokozatos esés következik. A szaporodási funkciót is e periódusban jellemzi a maximum, a nemi aktivitás is e korban a legnagyobb, aztán pedig lineárisan csökken 75 éves korig.

Századunkban az intellektus fejlődése természetesen mindenkit érdekel. És a szellemi képességek az öregséget illetően? Megállapították, hogy az agyban lezajló anyagcsere életkori változásai fokozatosan a szellemi képességek csökkenéséhez vezetnek. Nem annyira a memória gyengülése a panasz, hanem logikai romlása. Különösen gyorsan romlik a 45. év után.

Az ítélőképesség nagyon változik. Ha a 20 éves kor jó ítélőképességét 100 egységnek vesszük, akkor 30 év múlva Önöknél csupán 80 lesz, 40 év múlva pedig csak 75!

Az irodalmárok érdeklődésére számot tarthat a szókészlet felhalmozásának készsége. A szókészlet felhalmozási készsége lényegesen tovább megmarad, magas intelligenciájú embereknél pedig még tovább is fejlődhet — jelentik ki a tudósok.

El kell ismerni, hogy az átlageredmény nem biztató: korán kezdünk el öregedni, a funkciók közül több olyant hamar elveszítünk, amely a szellemi élethez szükséges. Gondoljuk csak meg, a legbölcsebb éveinkben, 41-től 71 éves korunkig a munkaképesség 50%-kal csökken!

Kétszáz feltevés

Talán nincs időben hosszabbra nyúló problémája az öregedés problémájánál. Foglalkozott vele mindenki: az orvosok is, az alkimisták is, a papok is, a mágusok is. Több mint 200 olyan feltevés létezik manapság, amely az öregedés mechanizmusát igyekszik feltárni. A 200 hipotézis világosan beszél arról, hogy e kérdés még nem tisztázott.

Milyen pozícióból nem ostromolta még az öregséget a tudomány?

A tudósok az öregedés okait a vérkeringés károsodásaiban, az ivarmirigyek elfajulásában, a kötőszövet átalakulásában látták.

A Weismann, aki a halál elkerülhetetlenségét elméletileg megalapozta, azt állította, hogy az ember azért öregszik, mert a szervezet elveszti sejtregeneráló képességét.

Sokáig uralkodott *I. Mecsnyikov* mérgezési elmélete, amit *Az optimista etűdök* című művében fejtett ki, miszerint az anyagcseretermékek s a vastagbélben levő baktériumok anyagcseretermékei jelentősen károsítják a szervezetet.

Voltak határozottabb emberek is, akik nem elméleteket építettek, hanem gyakorlati intézkedésekhez fogtak. 1889-ben *S. E. Brown-Séquard* önmagán végzett fiatalító kísérleteket kutyák és nyulak friss herekivonatainak injekciózásával. Az osztrák *E. Steinach* sebészi eljárást alkalmazott. Átmetszette és lekötötte páciensein az ondóvezetéket, ezzel akarván serkentésre bírni a here Leydig-féle közti- vagy intersticiális sejtjeiben a férfi nemi hormonok termelését. Nagy port vertek fel 1912-ben Párizsban az emberszabású majmok és a fiatal férfiak heréinek idős férfiakba való átültetésével elért eredmények.

Általában a 20. század a fiatalító kísérletek tekintetében igen gazdag. Végeztek fiatalítást a pajzsmirigy segítségével, aztán az agyalapi miriggyel, majd az agyalapi mirigy — mellékvese — pajzsmirigy komplexummal. *Bogomolec* akadémikus a kötőszövet aktív szerepét állapította meg az anyagcsere-folyamatok szabályozásában, a mikrobák elleni védekezésben, és lépből vagy csontvelőből szérumot állított elő, amelynek serkentő hatása van.

Az öregedés orvoslására ajánlottak hormonokat, vitaminokat, szövetkivonatokat, novokaint, olajos csíranövény kivonatanyagot, „életvizet“ (havas olvadékot).

Javasolták a hegyi levegőt is (mindenki tudja, hogy a hegyekben több a hosszú életű ember, mint az alföldeken), az oxigénes terápiát abban a reményben, hogy az oxigén az agy kémiáját megváltoztatva felbolygatja a véredényrendszer érszűkületeit. Ja-

vasolták továbbá természetes egészség- és ifjító forrásként a világport, gondolva, hogy az majd fokozza a szervezetben végbemenő vitamin- es aminosav- szintézis, amely vegyületek az anyagcseréhez olyannyira fontosak.

Amikor azonban az idegrendszert részleteiben is tanulmányozni kezdték, felmerült a kérdés, nem abban rejlik-e a fiatalsag fenntartásához szükséges kulcs?

A legújabb eszközként a felerősített bioáramokat alkalmazzák. Ukrajnában bioelektromos stimulátort készítettek, amellyel lehetségesnek vélik az egyes idegi-izomzati rendszerek és emberi szervek működésének irányítását. A módszer és a berendezés megteremtői szerint a bioelektromos stimulátornak nagy jövője van. Irányítani tudja majd a biokémiai reakciókat is, az öregedő szervezetre erőltetve egy fiatal ember anyagcseréjét.

Megpróbáltak az öregedő szervezetre mesterséges álommal is hatni. Főleg a nagyagykéregre, az öregedés szimptómáit igyekezve kiküszöbölni. Hiszen ismeretes, hogy álom idején aktívan folynak a regeneráló folyamatok. Ezért fűznek a szakemberek nagy reményeket az álomhoz mint az idő előtti öregedés visszatartására szolgáló hathatós eszközhöz.

Sok halálos ítéletet hallhattak azok fiatalító feltevések, amelyek egymás után az orvostudomány történelmi polcára kerültek.

Gondolkoztak azon, hogy lehet megállítani az öregedést a világűrbeli körülmények között, felhasználva a súlytalanságot, s a szervezet számára egyéb szokatlan feltételeket.

Próbálnak az öregedés és a fiatalítás problémájához a fizika álláspontjáról is közelíteni, a vissza nem fordítható folyamatok termodinamikája szempontjából, a szervek növekedési és elöregedési mechanizmusának közös sajátosságait vizsgálva.

Az öregedés egyik okának ma a fehérjeszintézis lelassulását tartják. Az életkorral a szervek szöveteiben lecsökken a nukleinsav-tartalom, pedig éppen ezek az anyagok irányítják a sejtekben végbemenő fehérjeszintézist. Az élő szervezet minden egyes szövete, minden sejtje szüntelenül megújul. Az önmegújító fo-

lyamat a teljes értékű fehérjeregenerálódás állandóságát jelenti. Öregedéskor csökken az önmegújító képesség.

Nekem különösen tetszenek *I. A. Arsavszkij* professzornak, a fiziológiai és patológiai laboratórium vezetőjének munkái.

A modern, civilizált ember *tevékeny henyélővé* alakult át. Munkánk és életmódunk alapjában véve az idegrendszeri feszültséggel függ össze. Az izomrendszer, és különösen a szív, a hiányos megterheléstől ellanyhul. *Arsavszkij* professzor azt állítja, hogy *mindazon feltételek alapjául, amelyek a szervezet fejlődését serkentik, az izomrendszer különböző módon kifejeződő aktivitása szolgál.* Koncepcióját szemléletesen így lehet nevezni: a hajtóerők meghajtója. A fizikai megterheléstől a szervezet működési lehetőségei fennmaradnak és növekednek. A tudós azt állítja, hogy a torna, bár a szervezetben energiaveszteségeket vált ki, a szó igazi értelmében meghosszabbítja a fiatal kort, tehát magát az életet is.

Az, aki sokat pihen, tétlenkedik, különösen éltes korában, nem gyanítja, hogy milyen erősen lerövidíti saját életét.

... Valóban, az *életelixír* keresésének eszméje lankadatlan. E munka évről évre egyre mélyebbé válik, a problémakör szélesebb, a javaslatok bátrabbak.

Az ember generáljavítása

Elképzelhette-e az ember azelőtt, hogy miként a gépek tartalék alkatrészeket, úgy ő pótszerveket kaphat?

Az orvostudomány, egyéb tudományokkal együtt, az ember számára adott mesterséges fogat; mesterséges ízületet fémből és műanyagokból, speciális gyantákból és kapronból; műanyag protézist a koponya hibáihoz; mesterséges véredényt, biológiailag inert (közömbös) anyagokból szőtteket és kötötteket; mesterséges szívbillentyűt; elektromos szívstimulátort, ritmusadót; szintetikus bőrt, amelyen a gáz és a víz áthatol, és hasonlít az élő szervekéhez; speciális ragasztóanyagot a sérült szervek és szövetek összeerősítésére; bioelektromos kezet és művese-berendezést. Már elkészült a *látóprotézis* (az elektronikus szem) néhány

működő példánya. Készítettek elektronikus fület. A valódihoz képest a hallása 75%-os.

Sikerrel próbálnak mesterséges vért előállítani. Egy kutya 4 hónapig élt 50% szintetikus vér átömlesztése után.

Nem a mesebeli kovácsok, hanem a mai műszerkészítők kovácsolták össze az ember számára szolgáló vastüdőket.

A fáradhatatlan munkásnak, az emberi szívnek is megtalálták a segítőtársát. Ha a szív elfárad, fáj, javításra szorul, a javítás idejére kikapcsolják. A véredényekben pedig mesterséges szív hajtja a vért. Ezt a szívet a testen kívül helyezik el.

De ez ma már nem vonzó az orvosok számára. Új kísérletekbe fogtak: az ultramikromotor órákig, sőt napokig is működött az élő szervezetben. Létezik már az „*atomszív*“ is.

Sokat várnak az „*emberjavító*“ műhelyben a polimer vegyületek elterjedésétől, amelyek képesek a szövetbe beépülni. Az új anyagokkal, a műanyagokkal végeznek kísérleteket, amelyek nem gátolják az anyagcserét, s az élő szervezettel együtt működnek. Megengedhető az a feltevés, hogy idővel az élőt pótló mesterséges anyagok is megjelennek.

Elkerülhetetlen azoknak a protéziseknek az elkészülése is, amelyeknek élő prototípusai sincsenek. A szakemberek kis hormon- vagy fermentumkoncentrátumokat tartalmazó és elektronikus berendezéssel adagolt kapszulák alakjában képzelik el a biokémiai protéziseket. Egy ilyen protézis helyettesítheti a működésképtelenné vált külső vagy a belső elválasztású mirigyeket.

Már működik az emberi testet mentő balesetszolgálat. Nem jön-e majd el az ideje a javítószolgálatnak is? A sebészek régóta álmodnak arról a napról, amikor lehetővé válik bármelyik szerv teljes eltávolítása a páciens testéből, majd annak megoperálása, visszahelyezése; ha pedig elhasználódott, akkor másikkal, egy donoréval való pótlása.

Ismert patofiziológusunk, *V. P. Gyemihov* is azt tartja, hogy a teljesen sérült szerveknek egészségesekkel, donoroktól vettekkel való teljes pótlása lehetséges, és hogy ez az emberélet megóvásának útjaival összefüggő kutatások fő irányainak egyike.

Szervezetünk nem örök életű. Egy ember nem él tovább, mint szerveinek mindegyike. A *folyamatos*, az *átlagos*, s a „*generál*“ javításokkal, amiket időben és gyakorlattan végeznek el, az emberélet nagyban meghosszabbítható.

1967 szeptemberében Bécsben, a sebészeti világkongresszuson két hasnyálmirigy-átültetéses beteget mutattak be. Foglalkoztak már a tüdő- és májátültetéssel is. A veseátültetés pedig már nem is kelt meglepetést. Néhány sebésznek köszönhetően több tízre tehető a sikeres műtétek száma. Franciaországban van egy beteg, aki több mint 6 éve él átültetett vesével.

Már régóta pótolni tudják a szív egyes részeit is. A sertéstől vagy juhtól vett szívbillentyű átültethető az emberbe. Vannak, akik már több mint 3 évet éltek az operáció óta.

Érthető, hogy a világ visszafojtott lélegzettel figyelte az effajta *javítások* lenyűgöző példáinak egyikét.

1967. december 3-án az orvostudomány történetében először hajtottak végre sikeres szívátültetést emberen. Egy 55 éves férfi egy balesetet szenvedett, 25 éves fiatalasszony ifjú, erőteljes szívét kapta meg. Sok napon át dobogott az átültetett szív. Bár az operált beteg később meghalt, maga a műtét ténye óriási jelentőségű. Annál is inkább, mert az első műtét után következett a második, a harmadik, a tizedik... 1968 végén a számuk már 86 volt. Két pácienst ismételt műtétnek vetettek alá, így mindegyikük mellkasában szám szerint a harmadik szív dobogott!

Christian Barnard professzor híres páciense — *Philippe Bleiberg* — 19 és fél hónapot élt idegen szívvel, vagyis 584 napot. 1971-ben közölték az újságok, hogy átültetett szívvel 40 ember élt egy évnél tovább, s 6 ember él több mint 6 esztendeje. A század csodájának keresztelték el a 43 éves néger *Louis Russelt* és az 50 esztendős francia *Emmanuel Vitryt*, akik abban az időben 3 évig éltek idegen szívvel. (Óvatosságból beszélek az összes idegen szívű emberről múlt időben, mivel nem ismerem jelenlegi sorsukat. Lehetséges, hogy mintmáig élotben vannak.

A nemzetközi statisztika adatai szerint 1971-ig a világon több mint 5000 veseátültetést, 100-nél több májátültetést, 25-nél több

tüdőátültetést, több mint 30 pajzsmirigy-átültetést és egy *szív — tüdő* komplex átültetést végeztek. Aligha lehet kételkedni abban, hogy új korszak köszöntött az orvostudományra!

Lehet, hogy elsiette a dolgot az első „halhatatlan", aki az amerikai Phoenix városban megfagyasztatta magát, hogy majd egy 21. vagy 22. századi élesztés hatására „feltámadjon"?

Meg kell jegyeznem, hogy a burzsoá viszonyok világában az ember „javításának" útján végzett első gyakorlati lépések máris gengszteri elképzeléseket váltottak ki. Ma a „szervbanditizmustól" is tartanak. A dolog úgy áll, hogy a szervátültetésekhez, köztük a szívéhez is, *tartalék részek* szükségesek. A sebészek már elkészültek az *emberi szervbankok* megteremtésének tervével. A szervbankok olyan sajátos központok, amelyek a potenciálisan létező donorokkal kapcsolatos információkkal rendelkeznek, és az átültetéshez szervekkel szolgálnak.

Sok országban létrehoztak ilyen szervbankokat. Nemcsak a városok közöttieket, de államközieket is. Például az *Eurotransplantatumot*, a *Skandinavtransplantatumot* és egyebeket.

Azonban előre látják már a visszaélések lehetőségét is: az egészséges szervek, a szívek, májak, vesék árusítását, amiket olyan banditaszövetkezések szolgáltatnak, amelyek e cél érdekében egészséges emberek meggyilkolásával foglalkoznak. A vásárlók természetesen a gazdagok lesznek, akik szervezetük megfiatalítását meg tudják fizetni.

A kísértésnek az orvosok is ki vannak téve. Nagy pénzért rábírhatók arra, hogy a kellő donorok halálát idő előtt regisztrálják. Ez mindenképpen *erőszakos öldöklés*, ami arra kényszeríti a beteget, hogy orvosára mint esetleges hóhérára tekintsen.

A burzsoá világban a pénz arra késztetheti az embereket, hogy haláluk előtt is áruba bocsássák szerveiket. Elég fellapozni a *Paris Match* című folyóirat 1968. március 2-i számát. Egy ottani, élettől elkeseredett ember hirdeti: *Nagy pénzösszegért felajánlom a szívemet.* Los Angelesben azonban már létrejött egy szervátültetési társaság, amely a probléma anyagi, jogi, erkölcsi, vallási és egyéb oldalaival foglalkozik.

Lehet, hogy a fajgyűlölők megkísérlik majd a transzplantációt felhasználni a „felsőbbrendű“ fajok fennmaradásához, az „alacsonyrendűek“ egészséges szerveinek elkobzása útján.

Hiszen már olyan tudományos eredményük is van, mint a sejtmagátültetés. E módszer emberre való alkalmazása lehetővé teszi az ember megismétlését, reprodukálását, pontos születési mását, vagyis ikerpárját hozva létre. Következésképpen az egyedi individuumok megfelelő kiválogatása is lehetővé válik.

Mint láthatjuk, nincs kizárva, hogy a nyerészkedés új formája jön létre, a spekulációé, a szociális elferdülésé, ami a szörnyű bűntények segítségével fellendül, s amely az emberi tevékenység leghumánusabb területét sodorja a legszörnyűségesebb útra.

Téved az „intellektusrendszer“

Az öregedéshez hozzájárulnak a homeosztázis változásai is: a szilárdsági egyensúly és tartalék károsodása. Nehézzé válik a belső közeg s a szabályozó szervek állandóságának fenntartása az ezernyi külső apró ráhatás, támadás közepette. Az utóbbi időben a szervezet önszabályozási folyamata vonzza a kutatókat. Ez igen közel hozza az orvosokat a kibernetikához. A kibernetika is felvetette a maga hipotéziseit az öregséggel szemben.

N. M. Amoszov, a híres szovjet sebész, akinek mérnöki diplomája is van, nagy figyelmet szentel a kibernetikának a gyógyászatban.

Az ember a legbonyolultabb önszabályozó rendszer. Meghatározott programok szerint működik. A programok száma sok, de a variációk száma nem végtelen, még azok rettentően nagy száma ellenére sem. Két típusú program figyelhető meg. Az ember génjeiben *élőprogramok* vannak, például a létfenntartási ösztön. Az emberben mérhetetlenül több a társadalmi program. Ezek nem a génekben találhatók, hanem a nagyagy megfelelő részeiben, annak sejtmilliárdjai közé írta be őket a társadalom. E programok az emberi magatartást váltják ki.

Az egész emberélet egyetlen generális program, amely az állati és társadalmi programok összességéből alakul ki. Ebből a

szemszögből az ember egészsége a szervezet programszerű fejlődése, a betegség pedig a program biológiai, fizológiai, pszichológiai és más tényezők hatására való károsodása.

A természet, mint egy zseniális programozó, a programok lehetséges károsodásait előre látva, tartalékokat tárolt a védekezésre, ha bekövetkezik a labilis működés. De ha az embernek a gyógyuláshoz előkészített tartalék programjai vannak, akkor miért halnak meg az emberek a betegségekben.

Sajnos a szervezetben előre nem látott körülmények lépnek fel: a normális rend megsérüléso következtében káros anyagok gyülemlenek fel. A programtevékenységeken kívül a szabályozó rendszer károsodásai is létrejönnek és felhalmozódnak. Az ember, mint bármiféle más rendszer, szabályozási hibákra is szert tesz. Az élettevékenység e melléktermékének is mondhatjuk az öregséget.

Az ember elkezd élni: a rendszer elkezd működni és ... tévedni. A hibák halmozódnak, a program mind kisebb és kisebb pontossággal működik: ez is elöregedés. Bár az öregség nincsen beprogramozva, mégis elkerülhetetlen. A természet nem teremtett tévedhetetlen rendszereket, és olyat nem is lehet előállítani.

Meghosszabbítható-e azonban jelentősen az emberélet? Ehhez mindenekelőtt modellezni kell az öregséget, például az öregség kémiáját. Ha rendelkezünk a modellel, összeállítható a ráhatás programja. A szervezethez majd bonyolult mesterséges rendszerek csatolhatók, amelyek a szabályozási hibákat javíthatják. Például a koleszterinkivezető rendszer elmeszesedés esetén is tovább élne. Ilyen rendszerek és egyéb hasonlók létezése — realitás. A továbbiakban azok egyre bonyolultabbá válnak, megnő a számuk is, az emberélet hosszabb lesz.

Mi történjék azonban az aggyal? Hiszen az is elöregszik! Pótolható-e az agy is? *Robert White* amerikai neurológusnak már is sikerült hosszú időn át életben tartani a majom kivett agyvelejét. Sikerült az agyat is átültetni egyik állatból a másikba! Igen távoli perspektívákban, annak a hosszú útnak a végén, amire a kibernetika még csak éppen rálépett, elképzelhető, hogy

mesterséges agyat kapcsolnak a természeteshez, a még egészséges agyhoz. Ezek egy ideig párhuzamosan működnek, míg a mesterséges agy kitanulja gazdája minden szokását és ízlésformáját. Azután a régi, élő agyat lekapcsolják, s az ember mesterséges agygyal él tovább, amely örökli a régi agytól a memóriát, az ismereteket és az ízléseket.

A mesterséges agy a testtel — a protézisszervekhez hasonlóan — egyesül! Majd az ember meghal, meghal az egész teste, de a mesterséges agy életben marad, tovább hordozva az ember énjét.

N. Amoszov professzor azt állítja, hogy ma még az ilyen elképzelés is távol áll a valóságtól. Ugyanis ebben az *intellektusrendszerben* ismét hibák keletkeznek, amelyek azt előbb vagy utób harcképtelenné teszik. Arról azonban nem szól semmit, hogy az elaggott szervek mesterséges rendszerekkel való pótlásának hol vannak a határai.

Stanislaw Lem Létezik-e Ön, Mister Jones? című elbeszélésében *Harry Jones* autóversenyző oly gyakran vette igénybe az emberi szervezet számára tartalék részeket készítő vállalat szolgáltatásait, hogy végül is egy olyan lénnyé változott át, akitől megkérdezhették: *Létezik-e Ön, Mister Jones*?...

Talán a szervezet elöregedése nem bolygatható meg?

Lám, itt nemcsak a legkomolyabb orvosi, technikai, biológiai problémák merülnek fel előttünk, hanem a legmélyebb filozófiai, erkölcsi és etikai kérdések is.

Megengedhető-e számunkra, hogy egyesek életét meghosszabbítsuk, másokét pedig nem? Humánus ez? Megváltoztatni az emberi test belső tartalmát, elvenni ezeket vagy azokat a szerveket ettől vagy attól egy másik számára?

Norbert Wiener egyszer híres orvostudósok körében ebéden vett részt, akik éppen az öregség problémáját vitatták. Itt mondotta *Wiener*, és halála előtti munkájában is megírta:

— Bár az ember jövőbeli hosszú életének feltételezése vigasztalónak tűnhet, megvalósulása szörnyű balsorsot jelentene... Hiszen az emberiség nem bírná el az összes élet végtelen meghosszabbodását, ami a Földön megszületik...

Természetesen másfajta nézőpont is létezik — vagyis homlokegyenes ellenkező. Ez telve van optimizmussal, azzal az optimizmussal, amelyben a fantasztikum mindig oly gazdag.

Csakugyan kiborg?

1957-ben a Föld első mesterséges útitársának felbocsátása után írtam *A kibernetika és a világűr* című cikkemet, amely így kezdődött: „Magamra vállalom azon állítás merészségét, hogy a mesterséges hold is és a hordozórakéta is nem fémből, hanem matematikai képletekből, egyenletekből, számításokból készült...“

A túlzással a számítások fontosságát akartam aláhúzni. A gondolat alátámasztására meghökkentő példákat idéztem cikkemben. Nem egyedül gondolkoztam így. Azokban a napokban, a nagy eseménnyel kapcsolatos sokféle visszhang közt újságokban olvastam *Francisco Severi* professzornak, az ismert olasz matematikusnak, a Legfelső Nemzeti Matematikai Intézet tiszteletbeli elnökének nyilatkozatát:

— Mint matematikus, állíthatom, hogy azokat a matematikai problémákat, amelyek a mesterséges hold felbocsátásával kapcsolatosak, gyakorlatilag rendkívül nehéz megoldani. A számításoknál azt a tényt kell figyelembe venni, hogy a Föld nem ideálisan gömb alakú test. A mesterséges hold röppályájának meghatározásához bonyolult számításokat kellett végezni, amelyek segítségével a különböző eltéréseket figyelembe vehették. A matematikai problémák mellett azonban megoldásuk után is maradnak gyakorlati jellegű problémák. E problémák is óriásiak.

Micsoda jelzőkkel illették az újságírók első mesterséges holdunk automatikáját! Valóságos kibernetikai nimbusz keletkezett körülötte. A hajtóműveket a kozmikus rakéta szívének nevezték, a sokféle automatikus szerkezetet agyként dicsőítették. A koordinációs központ a „*nagy kibernetikai pontosság diadala*“ volt.

A rakéta pályára állítását az orbitális pályán való repülését,

a helyes térbeli tájolásának a különböző rendszerek szerinti kidolgozását az újságírók szerint megbízható kibernetikus szolgák teljesítik.

Akkor arra gondoltunk, hogy itt a kibernetika űrbeli győzelme! Ma már tudjuk, hogy ez még csak a diadal kezdete volt.

Jurij Gagarin történelmi repülésének közlése után sokan önmaguknak tették fel a kérdést: *Milyen is az az űrhajó, amely az embert a világűrbe repíti?*

Ma mindenki elmehet az Össz-szövetségi Népgazdasági Kiállításra, és a *Kozmosz* nevű pavilonban minden részletében megtekintheti az űrhajócsodát, amelyen az ember első ízben indult Földön kívüli útra.

— De ha ott állnak az emberi kéz e mesés alkotása előtt, elragadtatva az ésszerűségtől, a felépítés alapos átgondolásától, az űrhajósok számára lét- és munkafeltételeket, és ha akarják, a komfort néhány elemét biztosító okos automaták csodálatos képességeitől, eszükbe jut vajon az a gondolat, hogy az űrhajó egy önszervező lényhez megközelítően hasonló dolog, aminek az a rendeltetése, hogy a közeg és a tér eléggé tág határai között létezzen és működjön?

Ezek *K. Feoktyisztov* űrhajósnak, a tudósnak, a műszaki tudományok doktorának szavai. Ő jutott erre a következtetésre, összevetve élőlény és űrhajó jellemzőit, amikor a közvetlen jövő űrhajóját tervezgette. Összehasonlításai olyannyira érdekesek, hogy nem térhetek ki idézésük elől.

Az élőlény jellemzői	*Az űrhajó jellemzői*
Az információt befogadja, információcserét folytat más lényekkel, megfelelő felfogó (látás, hallás, tapintás, ízlelés, szaglás) és információfeldolgozó szervekkel (központi és perifériális idegrendszerek) rendelkezik.	A környező térségről, tulajdon térbeli helyzetéről (szög- és távolságkoordináták), mozgási paraméterekről információt vesz és dolgoz fel, különleges információgyűjtő és érzékelő szervei (mérőeszközök, rádió, optikai, girosz-

kópberendezések tudományos vizsgálatokhoz stb.), valamint információfeldolgozó rendszerei vannak (számítógépek, fedélzéti ellenőrző és beavatkozó szervek és személyzet).

A környezeti feltételek tág határai között létezik, a szervezetben éléggé stabil körülmények — amelyek a szervezet megbízható funkcionálásához szükségesek — egyidejű fenntartása mellett. A szervezet stabilitását (homeosztázis) különleges szervek (bőrön keresztüli hőcsere szabályozó szervek, a vérkeringés stb.) tartják fenn.

Széles működési sávra kiterjedő feltételek között repül (terhelések és rezgések a Földről való felemelkedéskor, s a Földre szálláskor, a pályán való repülés közbeni vákuum, a napenergia fényáradata és hiánya a bolygóárnyban, a sugárzás, a meteoritok stb.) és megfelelő eszközökkel gondoskodik az űrhajón belüli stabil — hőmérsékleti, nyomási, gázösszetételi — feltételek fenntartásáról, amelyek a személyzet életének biztonságához és a feldélzeti berendezések működéséhez (a fülkék hermetikussága, hő elleni védekezés, fűtés üzemben tartása. a gázösszetétel fenntartásának eszközei a kabinban stb.) szükségesek.

Térbeli tájékozódásra és mozgásra képes a tájékozódást ellenőrző (szemek, a vesztibuláris szerv stb.) és a helyváltoztatást végrehajtó (lábak, szárnyak stb.) szervei vannak.

Manőverezésre — az irány és mozgásjelleg megváltoztatására — képes, térbeli szögtájékozódási (optikai. giroszkópiei. rádiószerkezetekkel és egyéb számítógépekkel és

szervirányító rendszerekkel együttes eszközök: mikroreaktív hajtóművek, lendkerekek stb.) és az űrhajó mozgását megváltoztató eszközökkel (korrekciós meghajtószerkezetek, rakétafokozatok, elektroreaktív hajtóművek a bolygóközi expedíciós űrhajókon) rendelkezik.

Táplálkozik, az elhasznált energiát pótolja.

A személyzetet vízzel és oxigénnel látja el, gondoskodik a fedélzeti rendszer energiaellátásáról; megfelelő élelemtartalékkal és eszközkészlettel rendelkezik, amelyek az energia előállítását és a személyzet által részben vagy egészben felhasználható készletek regenerálását biztosítják.

Előre nem látható körülmények esetére, a betegségek leküzdésére és az egészség helyreállítására erőtöbblete, erőtartaléka van, még súlyos traumák és megbetegedések után is; erőtartalékai elegendők még játékokra és egyéb olyan tevékenységekre is, melyek nem primitív anyagi célok elérésére irányulnak.

A konstrukció tartalékai (a szerkezet, a rendszerek és az egyes elemek megkettőzése) meghaladják a kitűzött célok eléréséhez minimális szükségletet. Bármilyen tesztműveletet szabályosan hajt végre a rendszerek, a gépezetek és az űrhajókomplexum egészének ellenőrzése céljából.

A belső szervek működésének koordinálása és szinkronizálása automatikus.

A fedélzeti rendszerek működésének koordinálása és irányítása, a működés ütemének a szabályo-

zása a repülés különböző fázisaiban és a repülési feltételek megváltoztatásakor fellépő különböző körülmények között automatikus.

Akaratlanul is felvetődik egy kérdés: hogyan osztja meg az ember és az automata egy ilyen űrhajóban a munkát?

Feoktyisztov azt válaszolja, hogy az űrhajóban minden folyamatnak, ami csak automatizálható, automatizáltnak kell lennie. Hiszen az űrhajón az ember, tervezői szempontból, a hasznos teher egy része. Ha egy űrhajón ember van, s az csupán azért van ott, hogy azt irányítsa, a jövőben ez megengedhetetlen fényűzés lenne. Az űrhajó nem azért készül, hogy önmagát vigye, hanem azért, hogy hasznos terhe hasznos munkát, elsősorban tudományos munkát végezzen. Ezért arra kell törekedni, hogy a közvetlen űrhajóirányítási folyamatok az embertől csak minimális szakképzettséget és minimális időráfordítást követeljenek. Az űrben minden másodperc aranyat ér, maximális hatékonysággal kell tehát kihasználni.

A kibernetikusok, arra törekedve, hogy a tudósok világűrbeli munkáját maximálisan megkönnyítsék, az ember és a számítógép sajátos szimbiózisának elvét indítványozták. Kölcsönös együttlétüknek az űrhajóban olyannak kell lennie, hogy egymásból hasznot húzzanak. Már a célokat is kialakították.

Az első cél: biztosítani az ember számára az általánosító gondolkodásmódot, ahhoz hasonlóan, ahogy manapság a gépek az ember által megfogalmazott és képletekbe foglalt feladatok megoldását könnyítik meg.

A második cél: képessé tenni az embereket és a gépeket a szoros kooperációra a helyzetértékelésben és a megoldások kidolgozásában a megadott programoktól való merev függés nélkül, amikor a kozmikus űrhajó bonyolult helyzetbe és előre nem látott szituációk közé kerül.

A szigorúan tudományos képletek sok mindenről beszélnek,

az ember világűrbe jutásának grandiózus távlatait nyitva meg, az emberét, akinek a keze ügyében ott van az első segítőtárs: az okos gép.

Még az automatikus irányítás nemzetkőzi egyesületének első kongresszusán *V. Trapeznyikov* akadémikus mondta, hogy nem szabad lehetetlennek tartani egy olyan automata megteremtését, amely az űrben szerzett tapasztalati adatok sokasága alapján, a különféle hipotézisek kipróbálása közben olyan elméleteket dolgoz ki, amelyek egy konkrét kísérlet adatait megmagyarázzák.

Így is lesz. Ma már kimennek a tengerre a kutatóhajók, amelyeknek a fedélzetén számítógépek dolgoznak. A tudós nem várja be a hazai kikötőbe való behajózás szerencsés perceit ahhoz, hogy az óceanológiai kutatások során gyűjtött tudományos adatok tömegének feldolgozásába fogjon. Ma a számítógépek révén a tengeren nem csupán adatgyűjtésre van lehetőség, hanem a tudományos következtetések levonására is.

A kozmonautikában a bionikai módszereket is latolgatják. Ez az űrhajós viselkedésének olyan modellezését jelenti, amikor az űrhajó bionikus rendszerű automatái elkezdenek önállóan tanulni, gondolkodni, dönteni. Ezért a mesterséges agy megteremtéséig a terv szerzői egy *ember — gép-hibrid* megkonstruálását javasolják.

Itt egy új tudományos feltevéshez jutunk, amit a bionika, az űrhajózás és a kibernetikus orvostudomány alkotott meg.

Manfred Kleines professzor, mérnök-matematikus, az élő szervezetek biomechanikai egyensúlyának specialistája és *Nathan Klein* neurofiziológus, a pszichikofarmakológia szakembere, az úgunevezett kiborg — a kibernetikus emker — szervezésének hívei. Ők így nyilatkoztak a kérdésről:

— Előre összeállítjuk az emberi test elektromechanikus modelljét, és aztán várunk. Egy mentőautó majd beszállít a klinikára egy autószerencsétlenség következtében reménytelenül összetört tudóst. Mindössze néhány perce van hátra a életéből. Teljesen öntudatánál van, s maga is megérti saját helyzetét, miután biológus. Az emberi történelemben példátlan kísérletet ha-

tároznak el. Kollégái és barátai maximális óvatossággal és finomsággal, mély narkózis közepette kicserélik testi létburkolatát. A balesetet szenvedett tudós énje, emberi lényege, azaz az agya életben marad, de most már egy egészen más, egy mesterségesen létrehozott kvázibiológiai rendszerben működik.

Más szóval, e hipotézis elvezet bennünket egy durvább, ceremónia nélküli *intellektusszisztémához*, amiről nagyon óvatosan szól *Amoszov* professzor. Már nem a mesterséges szervek mesterséges aggyal együttes rendszeréről van szó, hanem egy mesterséges test és az élő emberi agy hibridjéről.

Ezt a kiborgot, a mesterséges rendszerek oltalma alatt álló, élő agyat nevezték el a kozmikus korszak emberének. Arról álmodoznak, hogy a konkrét űrbeli élet- és munkafeltételekhez fogják kiszámítani és megtervezni. Nem lesz szüksége állandó burokra, hermetikus szkafanderre — vagyis földi alkat viselésére. A kiborg a világűrben, az élettel összeférhetetlen tényezők hatása közepette fogja otthon érezni magát.

Elismerem, nem valami kellemes ehhez hasonlókról olvasni és hallani, még akkor sem, ha arra gondolunk, hogy a kiborg képes az űrben való hosszas tartózkodásra olyan körülmények között is, amilyenek mellett az emberi élet szóba sem jöhet.

„Érthető, hogy ennek az antihumánus tervnek semmi köze a kozmikus térség meghódításával és kisajátításával összefüggő világos célkitűzésekhez. Nekünk nem a gépek, hanem az emberek számára kell a világűr." — írta *V. V. Parin*, és nehéz vele nem egyetérteni.

V. fejezet

A KIBERNETIKA ÉS A HUMÁN TUDOMÁNYOK

A múlt a gépek bírósága előtt

A kibernetika — létezésének negyed százada óta — nap mint nap egyre újabb és újabb területeket hódít meg. Mindenütt ott van, ahol irányításról, hírközlésről vagy információfeldolgozásról van szó.

A kibernetika még a kifejezetten emberi vonatkozásokban is előfordul: absztrakciókban s olyan etikai problémákban, amelyeket sem számjegyekkel, sem indexekkel nem sikerült még leírni, most azonban kódjelek formájában bekerülnek a számítógépekbe. Ezek már nem az első tapasztalatok, de még nem is végeredmények.

Valóban megoldhatók ilyen problémák a kibernetika segítségével? Igen. Maguk a szakemberek panaszolják, hogy a társadalomtudományokban az elemzések pontossága és a szociális jelenségek fejlődésének előrejóslása messze nem kielégítő.

130 évig sikertelenül kísérleteztek azzal, hogy a maják írását megfejtsék. *Knozorov* szovjet tudós a szövegeket behatóan tanulmányozva feltételezte, hogy a rejtélyes írásmód képírás. Ekkor a kibernetikusok láttak munkához. Egyesítve az emberi tudást és a gépek gyorsaságát, kombinált megfejtési eljárást hoztak létre. A kellő szavak kiválogatására és kikeresésére szolgáló programok alapján a gép a számítások milliárdjait végezte el. Ez tette lehetővé a madridi és a drezdai maja kánonszövegek megfejtését. Megismertük csillagászati és csillagjósló tábláza-taikat, házassági szertartásaikat, foglalkozásaikat, az özön-

vízzel és istencikkel kapcsolatos mítoszaikat, amelyeknek a maják hódoltak. A gép segítségével egy évnél is rövidebb idő alatt a talált szövegek felét elolvasták, míg azelőtt a tudósok százai 10 év alatt mindössze egyetlen jelet fejtettek meg...

Az egész világon nagy hírnévnek örvendenek egy dagesztáni hegyi falu, Kubacsi lakóinak ékszerkészítményei. A lakosokat nemegyszer mentette meg mesterségük az elnyomatástól. Felbecsülhetetlenül értékes dísztárgyakkal, kegyszerekkel, s fegyverrel fizették ki váltságdíjukat a kubacsiak hódítóiknak. Legenda fűzi össze a kubacsiak művészetét a távoli Franciaországgal, ahonnan, a legenda szerint, telepesek érkeztek, s megalakították a falut. Valóban, a helyi nyelv némely hangja a franciára emlékeztet. A tudósok elhatározták, hogy megvizsgálják a legenda hitelességét. Sajátos matematikai modellt szerkesztettek. és számítógép segítségével megállapították, hogy a legenda nem valós. A matematikai elemzés megmutatta, hogy a kubacsiak művészete Dagesztán hegyein keletkezett, körülbelül időszámításunk 3. századában...

Az éremkutatók olyan ókori érmék nagy katalógusait állították össze, amelyeket a Fekete-tenger északi partjain találtak. A katalógusokban ismertetik a lelőhelyeket, a pénzverőhelyeket, a fémet, amiből az érmek készültek, a pénzforgalmat és még sok különböző adatot. Egyetlen ember nem tudja ezeket az adathalmazokat úgy rendszerezni, hogy történelmi-gazdasági következtetéseket vonhasson le belőlük. Számítógépes feldolgozásuk lehetőséget ad arra, hogy az ókori világ e körzetének kereskedelmi és kulturális kapcsolataival, gazdasági fejlődési színvonalával összefüggő, s a *numizmatikai* adatokra épülő történelemszemlélet kialakulhasson.

A történészeknek az adatok sokasága áll ma rendelkezésére Amerika eredeti benépesítésével kapcsolatosan. Itt nemcsak történelmi tények léteznek, hanem antropológiai, paleográfiai, etnográfiai, nyelvészeti és egyéb tudományos szemléltető anyagok is. Számítógépek segítenek az adatok sokaságát osztályozni, meglelni és összevetni bennük az egyes jelentősebb részleteket,

amelyek lehetővé teszik, hogy a bizonytalan feltevésekről a reális valóság adataihoz jussanak hozzá.

Lehet-e e példákat a történelem gépi tanulmányozásának nevezni? Magától értetődő, hogy nem. A nagy műveleti sebességű elektronikus gépeket mindig egyedi, mindig pontosan körülhatárolt feladatok megoldására alkalmazzák. A gépet saját közvetlen *szakmája* szerint használják fel, vagyis nagy mennyiségű adat gyors, teljesen absztrakt kezelésére, ami előtt az ember csődöt mond.

Mit jelent a történelem kibernetikai szempontból való megközelítése? A válasz már adott, maguk a történészek adták meg: a történelem absztrahálását, a múlt eseményeinek gépi műveletekre alkalmas formulák alakjában való kifejezését.

Minden tudomány gyakran fölülvizsgálja, amit elért. A történelem ezt a többinél is gyakrabban teszi, és már nagyon is nyíltan. A történészek zászlajára *Herzen* híres megállapítását írták, miszerint *minden alkalommal, amikor visszapillantunk, új módon világítjuk meg a megtett utat*, hozzátéve a már ismert álláspontho[illegible] a saját új állásfoglalásunkat, amit az új események, vagyis az új történelmi tények diktálnak.

A történelem a szakadatlan folyamat tudománya. Mindaz, ami ma történik, máris történelmi tény lesz. Előfordul, hogy egy és ugyanazon tényt vagy eseményt teljesen ellentétesen értékelik: szociális hovatartozástól és a különböző nézetektől függően. Emlékszünk, mennyire más módon világították meg például a *Rettegett Iván* uralkodásához fűződő azonos személyeket és azonos eseményeket!

A történészek számára még sok tény és esemény nem ismert. Bárcsak lenne a történelem az események olyan tömör láncolata, amelyben minden egyes láncszem ép! De ez a lánc széttöredezett. Sok fehér folt akad még a történelem színes térképén. Pedig, ugye, csak a múlt szigorúan rendszeres kifejtése absztrahálható. Ebben rejlik a kibernetika történelemben való alkalmazásának egyik nehézsége. De létezik más nehézség is.

Azt mondják, egy történész számára hozzáférhetetlen a kísér-

letezés. Ma még igen. Bár már a történész is ellenőrizheti az elektronikus gépek segítségével ezt vagy azt a történelmi tényt. Ellenőrizhet egy verziót, vizsgálhatja egy esemény valószínűségét, amit a történelmi leírás mint a múlt és a jelen közötti *közvetítő* szolgáltat számára.

Egy eseményt több forrás ír le, s mindegyik a maga módján. Gyakran ezek a leírások teljesen ellentmondanak egymásnak. Mégis a kibernetika történelemben való alkalmazásának fő nehézsége: annak erkölcsi tartalma.

Mit értünk voltaképpen a tudomány morális tartalmán? A történelemtudományban nem csupán a tudós munkája értékelhető erkölcsileg. Erkölcsi értékelést követel az ember is, vagyis a kísérlet tárgya, az ember, a történelmi folyamat fő hajtóereje. A morál fogalma azonban nem kibernetikai kategória. Vagyis a történelem osztályjellegét ma még nem tudjuk matematikai formulákkal kifejezni.

A. Kazsdan, a történelemtudományok doktora egyik érdekes munkájában így ír erről: „Ha van mégis reményünk a történelmi tények közötti kapcsolatok jövőbeni absztrahálására, akkor nehezen képzelhető el, hogyan lehet majd kifejezni jelzésekkel a történelmi tapasztalat erkölcsi oldalát".

Norbert Wiener írja, hogy munkáiban „elég meggyőzően mutatta be a kibernetikai módszer alkalmazhatóságát a személyiség erkölcsi problémáiban, és vizsgálta a kibernetikai eszmék alkalmazhatóságának egyéb területeit, mégpedig, az etikai jellegű problémákban való alkalmazásukat. Ez a társadalom és az emberi nem kibernetikája."

Tehát *Wiener*, e tekintélyes tudós, feltételezi, hogy a probléma megoldódott... De ugyanakkor máshol így ír: „A társadalomtudományokban rövid statisztikai rendekkel van dolgunk, s nem lehetünk meggyőződve arról, hogy az általunk megfigyelt dolgok jelentős része nem önmagunktól származik-e..."

„Tégy igazságot, gép!"

Ilyen címet adott egyik cikkének *V. Kudrjavcev* professzor, a jogtudományok doktora, aki a kibernetikának a jogtudományban való alkalmazásával foglalkozik. „Azt szeretnénk — írja — , hogy a pártatlanság, a humanitás, az elkerülhetetlenség, az igazság és minden egyéb jogi kategória ugyanolyan pontossá váljék és ugyanolyan vitathatatlan tényeken alapuljon, mint a matematikában, fizikában és a kémiában..."

A jogtudomány nem kedveli a kötetlenségeket. A jog az emberi magatartás irányítására, szabályozására szolgáló tudomány. A kibernetika is a bonyolult dinamikus rendszerek irányításával, szabályozásával és önszabályozásával foglalkozó tudomány. Teljes egészében nyilvánvaló, hogy a jogászok arra törekszenek, hogy e szabályozás hatékonyságát, megbízhatóságát maximálisan emeljék. A joggyakorlatban nagy szükség van a pontosságra, a határozottságra, a világosságra, a döntések megalapozottságára, s ezt éppen a kibernetikai módszerek nyújtják számunkra.

A kibernetikus *A. I. Berg* akadémikus így nyilatkozott:

— Ha figyelembe vesszük, hogy a jogtudomány az emberi magatartást és cselekedetet vizsgálja, azét az emberét, aki sok más emberrel kerül kapcsolatba a legkülönbözőbb helyzetekben: hogy olyan cselekedeteket tanulmányoz, amelyeket meghatározott okok váltanak ki, akkor el kell ismerni, hogy minden alap megvan arra, hogy itt azt a tudományt alkalmazzuk, amely tömegméretű, valószínűségi alapon lejátszódó jelenségek és törvényszerűségek tanulmányozásán alapul.

A jogi formulák, törvények, rendeletek, akták, dokumentumok tömege, amelyek e pillanatban érvényben vannak, megszámlálhatatlan. Igen, ez nem nyelvbotlás. Egyetlen jogász sincsen abban a helyzetben, hogy azok pontos számát megmondhassa. Hogyan is lehet e bonyolult ügyvitelt rendben tartani? Hogy lehet biztosítani ellentmondásnélküliségét és belső összhangját?

Kudrjavcev professzor a leningrádi jogászok és matematikusok *D. Kerimov* professzor vezette csoportjának munkájához utasít bennünket. A leningrádiak a jogrendet számítógép segítségével szigorú logikai elemzésnek vetették alá.

A tudósok a rendeletek ellentmondásait feltárták, és stílusát leegyszerűsítették. Világossá vált, hogy a szóbeli jogi körülírások is helyettesíthetők egy gazdaságos, ismétlődést és kétértelműséget nem ismerő matematikai kóddal.

Gyakorlatilag a jogi információk korlátlan készletét lehet specializált kibernetikai rendszerben tárolni. Szükség esetén annak bármely része gyorsan kiolvasható. Logikailag is lehet rendszerezni a különböző ismertetőjegyek, országok, történeti korszakok, jogi területek, jogforrások, s a jogszabályozás módja szerint. És, ami különösen fontos, e jellemzők rendszerezés esetén kombinálhatók, és már kész jogi tájékoztatás formájában kiválogathatók.

Mennyire szükséges az ilyenfajta szolgálat! És nemcsak a jogászok számára. Az emberek, akik a jogtudománytól távol állnak, nem ismerik valami jól a törvénykönyveket. Azokat nem olvassák úgy, mint a napilapokat, a jogszabályok gyűjteményét szabad idejükben nem nyitják fel egy regény vagy egy verseskötet helyett. Képzeljék el azonban, milyen jó lenne felvenni a telefonkagylót, s néhány perc múlva jogi felvilágosítást kapni arról, milyen törvények léteznek egy adott kérdéssel kapcsolatban, mit írnak elő, milyen korlátozások vannak, és, ami a fő, milyen engedmények léteznek.

De a tájékoztató-informatív gépektől még igen hosszú út vezet a „Tégy igazságot, gép!" bekövetkezéséig.

Lehetne-e mégis olyan gépet építeni, amilyenre *Stanislaw Lem Csendes Jónás csillagos naplói* című könyvének egyik szereplője adott parancsot? „Gépet kell építened számunkra... szigorúan logikus gondolkodásút, teljesen objektív, sem ingadozást, sem félelmet nem ismerő gépet... Legyen e gép elfogulatlan is, mint ahogy a Nap és a csillagok fénye is pártatlan."

— Egy ilyen gép — az ideális bíró! — kiált fel mindenki.

Egy jogeset teljes anyagát bele kell programozni, a bizonyítékokat, a védelem és a vád érveit, a tanúk vallomásait! A gép adja majd a döntést — a kész ítéletet.

Bárcsak így lenne... de, ó, ma még ezek a gépek csak a fantasztikus írások lapjain ítélkeznek. Például *U. Brebner A gép ítélete* című elbeszélésében. Itt az egész város bírója és jogásza a gép. S a valóságban? A gépi ítélet, minden tárgyilagossága mellett, vajon igazságos lesz-e?

Maguk a szakemberek a számítógép alkalmazása alapján állítják azt, hogy a gép nem tudja majd meghatározni a bűnbánat mértékét, a vallomások őszinteségét, a legapróbb emocionális árnyalatokat, amelyek a büntetés enyhítésére vagy súlyosbítására késztetik a bírót.

Mit tehet a kibernetika közvetlenül magában a jogtudományban, a törvényhozásban, a bírósági eljárásban?

Van már erre néhány példa. Az informatív-tájékoztató jogszolgáltatáson kívül lehetővé vált a nyugdíjmegállapítás folyamatának automatizálása, s a nyugdíjtörvényekben levő több probléma megoldása. Alkalmazták a kibernetikát a törvényalkotó tevékenységnél is, a szociális-jogstatisztikai anyagok feldolgozásában, bírói tevékenység vizsgálatára, s a bírósági és ügyészségi szerveknél tudományos munkaszervezésre.

Arra is tesznek kísérleteket, hogy a bírósági perek elméletének megalkotásához eljussanak, ami emberi közösségek szintjén fogja át az *ember — gép — ember* láncolat együttműködését.

Előbb azonban, itt — akár a történelemben is — újra összeütközésbe kerülünk az erkölcsi problémákkal. És még valami. A gép elismeri a formális logikát, s eligazodik az elvont kategóriákban. A jogtudomány azonban az elvontat szembeállítja az objektív valósággal, magának a ténynek vagy jelenségnek a tartalmával. Ezért minden konkrét esetben a kapcsolatok és árnyalatok sokasága merül fel. Azok *szubjektív végtelensége* előtt a formális logika tehetetlenné válik.

Nézzük csak, mi adódik ebből Tegyük fel, hogy szimbólu-

mokkal jelöltük egy válókereset bírósági határozatát és az effajta döntés törvény szabta előfeltételeit. A szimbólumok különféle kombinációja a valóságos helyzeteknek felel meg. Annál is inkább, mert az élet a válások okainak meghatározott ismétlődő jellegét igazolja. Például Csehszlovákiában, 1960-ban a több mint 15 ezer válóper háromnegyed részében (amikor a férj volt a hibás) a kiváltó ok az iszákosság, a kegyetlen bánásmód vagy másik nőhöz való kötődés. A nők vétkességénél az esetek több mint felében fő indíték a hűtlenség volt.

E bonyolult sorsösszecsapásokban azonban minden elvont hasonlóságon alapul. Pedig az életben hűtlenségnek mennyi különféle árnyalata létezik! Időnként még a hűtlenség sem minősül hűtlenségnek! Természetesen mindez ma még elérhetetlen a gép számára.

Egy bírósági eljárás a bírósági tárgyalásból és az ítélethozatalból áll. A gép, minden valószínűség szerint, segíteni tud a bírónak a vizsgálati eredmények rendszerbe foglalásában, az egyes vallomások összevetésében, azok logikus elemzésében, s a lehetséges ellentmondások és bizonyítékhiány kimutatásában. Ezáltal jelentősen meggyorsítja, tisztázza és megkönnyíti a bírói munkát.

Mindez azonban csupán a bírósági munka könnyítése, mely végül a jogi norma és a törvény alkalmazásához, a bíró értékelő tevékenységéhez vezet, amitől a határozathozatal függ. Meg kell kísérelni a jogi norma programozását. Nem azért, hogy a kibernetikával kapcsolatos divatossá vált érdeklődésnek engedjünk, hanem azért, hogy kibernetikai szemszögből minden részletében végigkövethessük egy bírói ítélet alakulásának menetét, feltárjuk magát a bizonyítékértékelő mechanizmust, és a logika nyelvén kifejtsük a bírósági bizonyítás egész *bonyolult anyagát*.

Eleinte — egyébként már régen-rég — egy kérdés foglalkoztatta: miért kutatható és fedhető fel oly könnyen majdnem minden bűntény, és mutathatók ki oly tisztán majdnem mindegyik bűnös nyomai?

F. Dosztojevszkij: Bűn és bűnhődés

A leningrádi *Danyil Granyin* író a *Tizenhárom lépcsőfok* című novellájában leírja, hogyan járta be *Dosztojevszkij* unokájával, *Andrej Fjodorovics Dosztojevszkijjel* és az egyik Dosztojevszkij-specialista irodalomtörténésszel a *Bűn és bűnhődés* című regénynyel összefüggő helyeket.

„Amikor kiértünk a Majorov sugárútra — irja *Granyin* — , *Andrej Fjodorovics* elkezdett mesélni, hol, s mi volt azokban az években, azaz 100 évvel ezelőtt: szórakozóhelyek, vendéglők, italmérések, itt és a szomszédos utcákban. *Dosztojevszkij* kortársainak szemével nézte a környéket, részletesen ismerte majd mindegyik ház történetét. Igen érdekes volt hallgatni őt, mint bármelyik történészt, addig a percig, amíg hirtelen egy kapura mutatva azt mondta: ott az a kő, abban az udvarban, amely alá *Raszkolnyikov* azokat az ékszereket elrejtette, amiket az öregasszonytól vett el. Teljes meggyőződéssel mondta, és észrevéve csodálkozásunkat, a magával hozott kötetet egy megjelölt oldalnál kinyitotta, s elolvasta nekünk:

... kiérve a V-i sugárútról a térre, balra hirtelen megpillantotta a komor falakkal teljesen körülvett udvar bejáratát. Ugyanakkor belépve a kapun, mélyen az udvarba nyúlott a szomszédos ötemeletes ház sárgás vakfala...

S a továbbiakban következett azon elhagyott hely részletes leírása, ahol egy nagy csiszolatlan kő hevert... Körbejártuk, megvizsgáltuk — minden megegyezett, minden pontosan megfelelt, és bevallom, mégsem hittem el, úgy döntöttem, hogy a dolgoknak ezen egybecsése csak véletlen, s nem több.

A Przsevalszkij utcáról jobbra fordultunk, és *Andrej Fjodo-*

rovics odavezetett bennünket a 19-es számú házhoz, miután kijelentette, hogy itt lakott *Raszkolnyikov*. Mind a ház, mind az udvara kímondottan szörnyű képet festett, az udvaron sár, szeméttartók, rongyok és ósdi, törött székek hevertek. Kopott kőlépcsőkön mentünk fel a keskeny, komor, félköríves lépcsőházba, és azon át föl *Raszkolnyikov* kamrájáig.

... Kamrája közvetlenül a magas, ötemeletes ház tetőzete alatt volt... A szállásadónője pedig, akitől e kamrácskát kivette... egy emelettel lejjebb rendezkedett be... s minden alkalommal az utcára menet feltétlen el kellett haladnia a háziasszony konyhája mellett, amelynek ajtaja a lépcsőház felé majdnem mindig sarkig tárva volt...

A kamra, ahová 30 lépcsőfok vezetett, olyan volt, ahogy azt az író regényében leírta, a lépcső egy szoba-konyhás lakás mellett volt; s a konyha pontosan egy kis térre nézett.

Lehet, hogy a házban még más lépcső is be volt építve? Nem. Valamennyi lépcső közül egyedül ez felelt meg a leírásnak. Jól van, engedjük meg, hogy így volt, de játszik-e ez szerepet a regényben? Megérdemli-e, hogy jelentőséget tulajdonítsunk neki? Éppen az a humoros, hogy az elhelyezkedésnek nagy jelentősége volt, és mindenekelőtt *Raszkolnyikov* számára. Tettei ehhez a konyhához fűződnek, ott szemelte ki a baltát, amire a gyilkossághoz szüksége volt. S a lépcsőn lemenve meglátta, hogy *Násztya* ott van a konyhában, de balta nincs ott. Hirtelen azok a jelentéktelen dolgok kezdtek működni, amelyekkel nem is törődött, akaraterejo és fő eszméi számára jelentéktelennek tartott, de lám, azok mégis megélénkültek...

Andrej Fjodorovics felolvasta, és mi elismételtük *Raszkolnyikov* minden mozdulatát, lementünk az udvarra, a kapu alá, ahol *Raszkolnyikov* céltalanul álldogált, alázottan és összetörten, míg hirtelen a szállásadónő kamrájában megpillantotta a baltát. A házmesteri lakás két lépcsőfokkal volt lejjebb (kettővel! — valóban így is volt), odapillantottunk a nyirkos sötétségbe, ahol most raktár volt. Aztán kimentünk, és elindultunk egy rokkantnyugdíjas anyóka háza felé.

...Nem sokat kellett mennie: sőt azt is tudta, hány lépésre van a házuk kapujától, pontosan százharmincra...

Raszkolnyikov érzéseitől fokozatosan áthatva, mi is számolni kezdtük a lépéseket, s némi szívdobogással értünk

... a hatalmas házhoz, amely egyik falával csatornára, a másikkal a V-i utcára nézett...

A ház, szerencsére, megmaradt; ugyanolyan formában, piszkosrózsaszín festékkel bepingálva. A betérők és kijövők is úgy surrantak át mindkét kapun, s a ház mindkét udvarán. Az udvar felől az egyhangú ablakok sokasága kellemetlenül figyelt ránk minden irányból. A keskeny, sötét lépcsőházban, ahol megmaradtak a korlátfa kopott rézgolyói, felmentünk az ötödik emeletre, a rokkantnyugdíjas anyó lakásáig, és megálltunk az ajtó előtt. A lépcsőn senkivel sem találtkoztunk. Az átalakultság érzése teljes volt, kezünk ideges reszketéséig... Miért volt szüksége *Dosztojevszkijnek* ekkora pontosságra, hiszen nem létezett semmiféle *Raszkolnyikov*! És a kamra, s a 30 lépcsőfok, ami oda vezet? Azok viszont megvannak. Úgy látszik, *Dosztojevszkij* volt itt, mindezeken a helyeken, éppen ezt a lépcsőházat és ezt a szobácskát választotta ki a hőse számára, s azután jelölte ki az öregasszony házát és lakását. Gondosan szemügyre vette, végigcsinálta *Raszkolnyikov* útját, az egészet, s nemegyszer úgy, hogy számolta a lépéseket és a lépcsőfokokat. Tehát teljes egészében lejátszotta magának az egész epizódot, egy rendőrségi jegyzőkönyv pontosságával."

Danyil Granyin újból és újból megkérdezi: — Miért volt feltétlenül szükséges *Dosztojevszkijnek* ekkora pontosságra? Ez az összes cím, részlet és egyebek. — *Granyint* itt minden érdekli mint írót, bennünket más érdekel: *Dosztojevszkij* úgy ténykedett, mint egy nyomozó. A legnagyobb gonddal írja le a bűntény minden egyes részletét, minden jelentéktelen apróságot, azért, mert a bűntényt követően a büntetésnek kell következnie. Ehhez azonban feltétlenül meg kell találni a bűnöst.

Milyen hosszan tartó munkával járt az út a bűnhődésig. Micsoda furfangokhoz folyamodott a nyomozó, *Porfirij Petrovics*,

hogy a vétkest leleplezze! Micsoda memóriával, s elemzőkészséggel kell az embernek rendelkeznie, hogy hibátlanul, s ugyanakkor tapintattal, a gyanúsítottak emberi méltóságát meg nem alázva jusson el a helyes ítéletig! És micsoda megérzéssel!

Megérzés...

Ehelyett azonban létezik a pontos számítás, ha a gép szolgálataihoz folyamodunk, analitikus „eszéhez" és memóriájához, amik azelőtt tisztán emberi sajátságok voltak!

A zseniális írói kéz alkotta gyilkossági kép, a tettek logikus egymásutániságában, lakonikus képletként írható le a kibernetika nyelvén.

Mire szolgál az ilyen leírás? Hogy erre válaszolhassunk, ismerkedjünk meg egy átlagos bűnténnyel, amely 100 évvel később, napjainkban megy végbe.

... Mikor az öreg visszaeső házaló tolvaj, *Csesznokov* megtudta, hogy egy magányos művész, nevezzük *N*-nek, súlyosan megbetegedett és kórházba vitték, sógorának, *Szolovjovnak* egy előnyös ügyletet ajánlott: hatoljanak be a művész lakásába, s lopják el a holmijait meg a képeit.

Szolovjov beleegyezett. Elhatározták, hogy tervüket a következő nap estéjén végrehajtják. A bűnözők a rablás egész menetét a legalaposabban gondolták végig, előre látva mindent, az utolsó részletig.

Így épült fel a rablás terve: azután, hogy a házban kialszanak a fények, behatolnak a művész lakásába, a főbejáraton vagy a hátsó bejáraton, esetleg a pinceablakon keresztül. Végső esetben az udvar felőli ablakok egyikén át.

Az előzetes felderítés azt mutatta, hogy a fő- és a hátsó bejárat ajtóit zaj nélkül nem lehet feltörni. A pinceablakot valószínűleg sikerült volna kinyitni, de a lakás felé nyíló pinceajtó zárva is lehetett! Ekkor a bűnözők elhatározták, hogy egy udvar felőli ablakon át hatolnak be a lakásba. Megegyeztek abban, hogy kötelet visznek magukkal és kést, amellyel az ablakgittet kikaparhatják. Nem feledkeztek meg a friss gittről sem, amivel

az üveget a helyére takhatják, sem a zsákokról és a lopott holmi összekötözéséhez való madzagról.

Mihelyt sötétedett és körös-körül minden elcsendesedett, *Cseszнokov* a szomszéd ház melletti csűrből előhozta a korábban oda rejtett létrát, és a falnak támasztotta. *Szolovjov* elérte az ablakot, és megkísérelte az üveg eltávolítását. Nem sikerült. Ekkor a tolvaj késével akkurátusan kiszedegette a gittet, amelynek darabjait a zsebébe rakta, és óvatosan kiemelte az ablaküveget.

A lakásba együtt hatoltak be, behúzva az ablakon át a létrát, s az ablakot azon nyomban becsukták. A lakást gyorsan megdolgozták, s átmentek a műterembe. Kevés idejük maradt, ezért a vásznakat borotvával metszették ki, sebtében cső alakba tekerték, és spárgával szorosan átkötötték. A holmikat és azokat a képeket, amiket zsákokba raktak, az ablakon át az udvarra vitték. Becsukták az ablakot, helyére tették az üveget, s a réseket gondosan betapasztották. Most a zsákokat óvatosan egy rejtekhelyre kellett átvinni, majd pedig értékesíteni a lopott holmit.

Íme, így néz ki e bűntény leírása. Állapodjunk meg abban, hogy *Cseszнokov* — *X*, *Szolovjov* — *Y*, a művész — *N*, a különböző helyzeteket és cselekményeket pedig eltérő szimbólumokkal jelöljük.

A: Megtudni, hogy *N* kórházban van-e.	p_a: Kórházban van?
B: Rábeszélni *Y*-t, vegyen részt a rablásban.	p_b: Részt fog venni?
C: Titokban odamenni a tett helyére.	p_c: Látta-e valaki?
D: Amikor a szomszédok kioltják a fényt, kinyitni a főbejárati ajtót.	p_d: Kialudt-e a fény?
E: Ha a *D* feltétel teljesíthetetlen, akkor feltörni a hátsó bejáratot.	p_e: Zárva van-e a hátsó bejárat?

F: Ha az E feltétel teljesíthetetlen, akkor a pinceablakon át behatolni a lakásba.

G: Ha az *F* feltétel teljesíthetetlen, akkor az udvari ablakon át behatolni a lakásba. Ha nem lehet az ablaküveget kívülről eltávolítani, akkor kiszedni a gittet.

H: Ellopni a holmikat és a képeket, és kivinni az udvarra.

K: Ha senki sem látja, helyre tenni az ablaküveget.

L: Elmenni a lopott holmival.

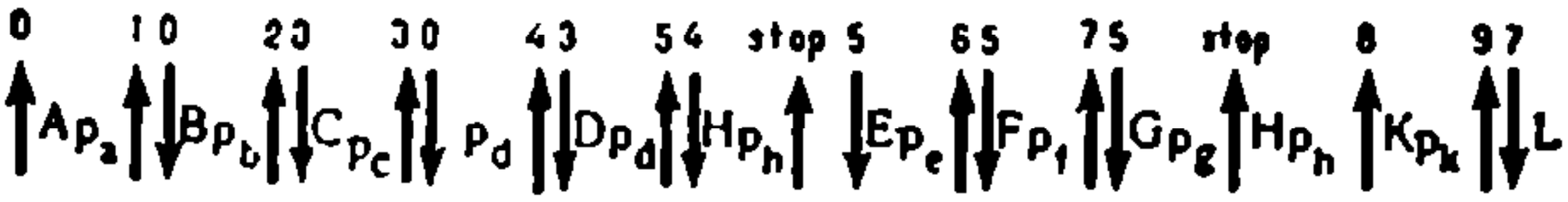
p_f: Lehetetlen a behatolás a lakásba?

p_g: A behatolás lehetséges?

p_h: Ellopták a holmikat és a képeket, s kivitték az udvarra?

p_k: Senki sem látja?

Az események egész menete most jelképesen leírható:



Újból felvetődik a kérdés: mire való egy bűntettről szóló egyszerű, s világos elbeszélést, amit mindenki számára érthető nyelven fogalmaztunk meg, egyezményes jelekkel kódolni, és még nyilazott szimbólumsor formájában le is írni?

E jelképes leírásnak az a célja, hogy leegyszerűsítsük a bűntettek végrehajtási módozatainak tanulmányozását, és azokat meghatározott rendszer szerint regisztráljuk.

A leírás ilyen módja nagyon alkalmas egy bűntett részleten-

kénti értékeléséhez, és a bűntett előkészítésének, végrehajtásának és a nyomok eltitkolásának elemzéséhez. Erről meggyőződhetünk, ha megnézzük a rablás egész menetének szimbolikus leírását (ha a feltétel teljesült, akkor a felfelé irányuló nyíl szerint haladnak, ellenkező esetben a lefelé irányuló szerint.)

Bonyolult bűntények számtalan variációja írható le a speciális kártyákra, s azután összevethetők. Így megmutatkozik, mint azt a szakemberek mondják, egy bűntény elkövetési módjainak *variálhatósága.* A változatok rendszerezése azonban bonyolult, és az összevetési mód túlságosan terjedelmes.

A szimbolikus ábrázolási módszer lehetővé teszi az egyszerűbb és pontos megoldás megtalálását. Íme, itt van egy példa a legkülönbözőbb *telefonos* bűntények elemzésére. (Megjegyzem, ez nem a kis problémák közül való. Például, 4 év alatt csupán Irkutszkban 4381 telefonkagylót loptak el. Ez megközelítőleg 50 ezer rubel kárt okozott.)

Szimbólumok segítségével a következő adatokat írjuk le:

P_n: kamasz követte el (p'_n — nem kamasz);
B_1: a fülke elhagyott helyen van;
B_2: a kamasz kerékpáron érkezett;
B_3: szerszámot használt;
B_4: részeg állapotban volt;
B_5: nem egyedül ténykedett;
B_6: nappal (B'_n — éjszaka);

Az egyes műveleteket így ábrázoljuk:

p_1: az acélhuzalt elszakították;
p_2: az acélhuzalt levágták;
p_3: az alkatrészeket ellopták;
p_4: a telefontárcsa elgörbült;
p_5: a készüléket összetörték;
p_6: az érmebedobó részt eltömték;
p_7: az érmeperselyt feltörték;

p_8: a világítást tönkretették;
p_9: a telefonkönyvet széjjeltépték;
p_{10}: a telefonkönyvet ellopták;
p_{11}: az ajtókilincseket letörték;
p_{12}: az ajtót a sarokpántjairól leemelték;
p_{13}: az üveget betörték;
p_{14}: a fülkét összemocskolták.

A következőket kódoljuk be: A — a rongáló bement a telefonfülkébe, Z — kijött a fülkéből, P — a rongáló, B_n — a bűntett körülményei, p_n — a bűnös ténykedései. Akkor egy átlagos esetre a következő formulát írhatjuk le:

$$(P_n B_n)\ A p_n Z.$$

Egy konkrét esetre azonban — egy kamasz éjszaka kerékpárral egy elhagyott helyen kővel betörte az üveget, kirabolta a telefonfülkét és feltörte a perselyt — ilyen formulát kapunk:

$$(P_n B_1 B_2 B_3 B_6^1)\ A p_7 p_9 p_{13} Z.$$

Mindössze egy sor. de a legrészletesebb információ hatalmas mennyiségét foglalja magában! Érthető, mennyivel könnyebb összevetni a rövid és pontos formulákat, amelyek nem függnek az elmondás stílusától, mint a több oldalas jegyzőkönyvi leírásokat, a lehetséges változataikkal együtt.

Például, New York rendőrségi irányítóközpontjában egy számítógépet helyeztek üzembe. Mihelyt beérkezik a jelentés a soron következő bűntényről, a berendezésbe speciális kód alakjában betáplálják a bűntett jellemzőit. Három percnél rövidebb idő alatt a gép informálja a nyomozót az összes olyan analóg bűntényről, amelyek a városban korábban megtörténtek. A nyomozó elsősorban a kartotékokra már felvett, ismert személyek között keresi az új bűntett elkövetőjét. Mert a bűncselekmény *stílusa*, a terhelt szokásai igen szilárd jellemzők, amiket nehéz megváltoztatni, bármennyire is igyekeznek. A bűntettek hasonlóságainak és eltéréseinek jellegbeli tanulmányozása — ez is

a variánsok viszonyítása! A rövid formulák pedig, mint már említettük, egyszerűbben vethetők össze, mint a tömött dosszziék.

A nyomozó nem is tudja évekig kivárni a kriminalista munkájának eredményeit. Egy elszigetelt, konkrét feladat megoldásakor a kriminalista nem tudja előre, milyen adatokra lehet még szüksége, s ezért a nyomozást igen széles körben kell vezetnie. Ezért veszi fel fegyvertárába ma a kriminalisztika a kibernetika valamennyi legújabb eszközét, mivel azok segítenek kijutni a nehézségekből.

A szakértői vizsgálatokhoz elektronikus berendezéseket alkalmaznak, amelyek jelentős időt takarítanak meg. Hisz egy bűntett nyomainak és egyéb adatainak felfedése és tanulmányozása információs-technikai jellegű, tehát hozzáférhetők a kibernetikai elemzés számára. Olyan automatákat hoztak létre, amelyek *letapogatják* a lábnyomokat, az ujjlenyomatokat vagy egy szerszám karcolásait, s képesek ezen adatok informatív tartalmát a szükséges módon kódolni. Miután a kódolt adatokat a nyommal összevetették, megállapítják azok teljes vagy nem teljes egybeesését.

Az elektronikus berendezések képesek a kézírás olvasására is. Ez ad lehetőséget a kézírások objektívebb összehasonlítására és elemzésére. Egy kézzel írott szövegben felismerhetők a hasonló és az eltérő módon írt betűk.

A sokféle ismertetőjel, melyek alapján a kézírásokat, ujjlenyomatokat, töltényhüvelyeket stb. osztályozzák, gépi kartotékrendszerbe foglalható. E segédeszközök felhasználása az egész nyomozást, a bűncselekmény módozatainak elemzését, a kriminalisztikai regisztrálást, s végül a vétkesség okainak vizsgálatát könnyíti és gyorsítja meg.

Sőt, az, ami a kriminalisztikában azelőtt a tények megszokott összegyűjtéseként volt ismeretes, most a kibernetika értelmezésében mint *információ* új minőséget nyert.

Napjainkban a gazdasági életben és a hadügynél alkalmaznak olyan automatákat, amelyek stratégiai játékokat játszanak le.

Ezek az automaták gyorsan, objektíven és megbízhatóan határozzák meg a felek lehetséges magatartását, és *kikalkulálják* taktikájukat. A kriminalisztikában is kell stratégiai feladatokat megoldani. Hisz itt is akadnak olyan események, amelyek egy bejelentőtől, a bűntett helyének felderítéséből vagy tanúk bejelentései alapján szerzett információk útján határozhatók meg stb. Adódik néhány megalapozott verzió, s mindegyik a valószínűség bizonyos fokán.

Gyakran fordul elő, hogy egy bűntény felderítése szempontjából hasznos információt nem csupán elhallgatnak, hanem tudatosan vagy tudatlanul bejut egy úgynevezett *mellékzörej*, egy mellékes információ, ami semmilyen kapcsolatban sincs az eseménnyel, s zavarja a bűntény feltárását.

Összegyűjtött tények alapján állítja fel a kriminalista a nyomozás egyes szakaszainak, lépéseinek különálló stratégiai tervét. A vádlott és a tanúk kihallgatásának az a célja, hogy olyan információt nyerjen vagy ellenőrizhessen le, amely érinti a nyomozati eseményt. A kihallgatás kibernetikai szempontból stratégiai játék. A vallató és a vallatott ellenfelekként állnak szemben egymással.

Mindez kissé szokatlanul hangzik. Magában a kihallgatás jellegében a kibernetikai játéknak nem csupán a taktikai elvei vannak jelen. Nem szabad megfeledkezni a vallatott és a nyomozó pszichikai állapotáról, a rájuk ható különböző körülményekről, a közvélemény és egyéb eltérő tényezők hatásáról. Mindazonáltal a kibernetikai rendszer a nyomozás helyes megoldásának alapja lehet. Mindkét fél a maga taktikájának, magatartásának, vallomásának és kérdéseinek megfelelően megpróbálja, ahogy azt a kibernetikusok mondják, hogy *maximálisan stabil helyzetet* érjen el.

A kihallgatáskor a vallató az egész idő folyamán elemzi a bűntettel kapcsolatos információt, és mindig ellenőrzi a kihallgatás eredményét. Miután meggyőződött saját ténykedésének sikeréről vagy sikertelenségéről, a kihallgatás vezetője ennek alapján dolgozza ki további taktikáját. A *játék résztvevői* között vagy magukban az összehasonlított tényekben meglevő ellent-

mondások a rendszer tarthatatlanságáról tanúskodnak. A rendszer csak valamennyi ellentmondás kizárása alapján érhet el stabilitást, és a nyomozó ekkor megkönnyebbülten mondhatja: *Minden világos, a bűntényt feltártuk!*

Természetesen a mi kriminalisztikánk figyelembe veszi a szocialista törvényhozás legfontosabb elvét, az emberhez való viszonyt. Számunkra még egy lehetséges bűnöző sem egyszerűen *kibernetikai játékpartner*.

A kriminalisztikában nemcsak az információelv alkalmazható, hanem az olyan tisztán matematikai elv is, mint a valószínűségelmélet. Nélküle nem igazodnak el a kézírás kutatásában, a daktiloszkópiában, s a tárgyi bizonyítékok színképelemzésében. Olyan munkák jelentek meg, melyek a valószínűségelmélet logikai apparátusát használták fel a bizonyítási folyamat modellezésére. A matematikai statisztika a szakértői vizsgálatban és a bűncselekmények elemzésében egyaránt részt vett.

A kriminalisztika mind a differenciál-, mind az integrálszámításokat alkalmazza, amikor oksági problémákat kell megoldania. Felhasználják a trigonometriát azért, hogy a fényképeken megőrzött eseményeket matematikailag rögzítsék. A kriminalisztika számára jelentőssé válik a nomográfia, az algebra és — természetesen — a logika.

Közeledik az az idő, amikor majd a kibernetika segítségével fel lehet tárni és a nyomozás menetében meg lehet oldani a felvetődő legzavarosabb ellentmondásokat is. Az elektronikus modellek pedig a változatos körülmények sokaságán alapuló bűntettek különböző változatainak *lejátszását* teszik lehetővé. És mindezt a gép hihetetlen gyorsasággal és pontossággal végzi el. Ezért a nyomozó a gépen próbálhatja ki a nyomozati bűntény összes variánsait, és pontos, objektív adatokat nyerhet. Így az üggyel kapcsolatos megoldás semmilyen mértékben sem függ a különböző véletlen benyomásoktól vagy az esetleges előítéletektől.

Ne gondolják azonban, hogy a kibernetika máris jelentősebb, okosabb *nyomozóvá* vált, mint maga *Sherlock Holmes*. A kibernetika itt még az első lépéseknél tart.

Az emberi elbírálásra bízva

A házassági hirdetéseket már megszoktuk. Most már a házasságkötést célzó ismerkedést segítő elektronikus gépek jelentik az újdonságot. A sajátos *elektronikus házasságközvetítők* a házasulandókról részletes űrlapot töltenek ki: életkor, képzettség, szokások, szem színe, anyagi helyzete stb., s a leendő házastárssal kapcsolatos elvárásaikat is megadják.

Ezeket az adatokat beviszik a számítógépbe. amely a férj vagy feleség *meglelésével* foglalkozik. (Néha olyan adatokat is betáplálnak, amelyeket encefalográf vagy más műszerek segítségével nyertek.)

A lyukkártya átlagosan körülbelül 80 kérdést tartalmaz. Előfordulhat azonban ennél több is. *Lemuel Conway* pap, a Meritronix céghez fordult több mint 700 adattal, amelyek segítségével a gépnek menyasszonyt kellett keresnie. A gép egy özvegyet, *Gladys Coowert* választotta számára feleségül.

Még 80 kérdésre sem könnyű a válaszadás. Hiszen kolosszális mennyiségű válogatást kell elvégezni, hogy az optimális, a legjobb ajánlatot keressék ki. A házasságközvetítés a számítógép számára nem könnyű. Ezzel magyarázható-e, hogy az egyik *IBM*—1410-es gép Zürichben 3 év alatt mindössze 50 családot hozott össze?! Igaz, több mint 1000 férfinek és 1500 nőnek tett javaslatot.

Külön díjazásért ki lehet iktatni a gép olyan berendezéseit, amelyek az emberi érzéseket kontrollálják, és csak a szociális és földrajzi házasságkötési aspektusokat veszik figyelembe. De a számítógép ilyen alkalmazása, ahol sem kölcsönösség, sem vonzódás nem létezik, ahol még az *érzéseket kontrolláló* berendezéseket is kiiktatják, nézetünk szerint semmilyen kapcsolatban sem lehet az igazi házassággal.

Létezik azonban más mód is a gép alkalmazására. A *Harvard Egyetem* hallgatói az ismerkedésekhez használtak fel elektronikus tanácsadót. *Tanácsadót*, nem pedig házasságközvetítőt! Működése első 9 hónapjában a tanulóktól egész Amerikából 90 ezer

kérdést kapott. Miután közölték a géppel adataikat, és leírták *elvárásaikat*, egy idő múlva 5 nevet kaphattak lakcímmel együtt. A fiatalemberek megismerkedtek a lányokkal, és a továbbiakban ment minden a szokott rendben.

Jegyezzék meg, hogy a *szokott rendben*. Még a legteljesebb adategyezés esetén sem szeretnek mindig egymásba a fiatalok. — Mi egyáltalán nem valamiféle műszerelmet próbálunk teremteni — mondják azok, akik az elektronikus tanácsadó mellett dolgoznak — , egyszerűen csak tanácsot akarunk adni. Mindenről gondoskodunk, természetesen a szerelmi szikrán kívül.

Itt már minden másképpen hangzik. Elsősorban az érzésből kiindulva és a géptől kapott információt figyelembe véve fogadja az ember a döntést. A gép egyáltalában nem késztet a nősülésre, csupán az ismerkedést segíti elő, az egymásról szerzett nagy információs anyag alapján.

Különösképpen alá kívánom húzni, hogy a gép a maga ajánlatait az emberek megítélésére bízza. Az embereknek, s nem pedig a gépnek adatik meg a végső szó. A gépi tanácsban, a géphez fordulásban. s a tanács kivárásában — ebben az egész, már nem is oly gyors folyamatban — a házasságra való lélektani előkészület fontos eleme van meg. Tehát a számítógép ajánlatai mégiscsak megkönnyítik a leendő házastársak számára az utánajárást; helyes irányt kapnak, a gép segítségével sok akadály hárul el az ismerkedéshez vezető úton.

Vegyünk néhány adatot a Szovjetunióból.

A statisztika több tízmilliónyi nőtlen férfit és még több férjezetlen nőt tart nyilván (18—60 év között). Ezeket az embereket feltételesen úgy tekinthetjük, mint potenciális házasodni szándékozókat. Elvileg feltehető, hogy minden egyes 60 esztendős agglegénynek, aki végül is elhatározta a családalapítást, az *optimális* pár keresése közben a hajadon nők millióival kellene megismerkednie!

Hol lehet ismerkedni? A statisztika pontosan válaszol. A megkérdezettek közül 27,2% a szabad idő eltöltésének színhelyén ismerkedik, 21% munka közben, 9% gyermekkortól ismeri egy-

mást, 5,7% házibulikon ismerkedik, 5,2% a nyári szabadsága idején, a továbbiakban pedig jelentéktelen százalékban ismerednek rokonok útján, diákszállókban, villamoson, utcán, s a legkülönbözőbb helyeken.

Amint látjuk, a hatékony ismerkedésre nem nagy a lehetőség. Az ismeretségeknek majd a fele a munkában és a *szabad idő eltöltésének a színhelyén* keletkezik. Mi legyen azzal a nővel, aki nők között dolgozik, s a férfival, aki férfiak között? Ezekből is sok van. És mi legyen azokkal, akiknek a szabad idő eltöltése helye női (például textilipari) vagy férfi (például a Sarkvidéken levő) közösségekben van? Ilyenek is sokan vannak. A szociológusok közben pedig megállapították, hogy az egyik legszembetűnőbb tényező, ami a párválasztásra kihat, az a földrajzi közelség. Egy kujbisevi kislány és egy ulan-udei fiatalember házasságkötésének a valószínűsége rendkívül csekély. Szinte szabály, hogy a házasságok többsége városon belül vagy közel fekvő falvakban köttetik.

Annál is inkább, állítják a szociológusok, mert a párválasztásban fontos jelentősége van a foglalkozásnak. Nagy a hasonlóság a férj és a feleség, a férjnek és apjának, a férjnek és a feleség apjának a foglalkozása között.

Hosszú ideig ismerik-e egymást az emberek a házasságkötés előtt? Néhány napos ismeretség csupán 3%-nál fordul elő, féléves több mint a 9%-nál, egyéves 5,6%-nál, kétéves 23%-nál, ötéves 14%-nál. A csúcs, 26,6% 2—3 éve ismeri egymást.

Vegyük figyelembe azt a körülményt, hogy mindössze 17,6% ismeri egymást egy évnél rövidebb ideje a házasságra lépés előtt. Az összes többi nem határozza el, hogy Hymen gyeplőjébe fogja magát, amíg nem tanulmányozza a másikat a házasságkötés előtt egy vagy több évig. Lám, valahol itt tör ki belőlünk a felkiáltás: miért kell félni a számítógép-tanácsadótól, az elektronikus ismerkedéstől? Hiszen nem arra készteti az embereket, hogy egyenesen az anyakönyvvezetőhöz fussanak.

Elnézést kérek a számok és a statisztikai adatok bősége miatt, de az adott esetben ez a legjobb meggyőzési mód, miután a tények objektív voltát mutatja meg.

Mit mond a statisztika a tartós házasság fő feltételeiről? A megkérdezettek 76%-a a szerelmet nevezi meg, vagy a szerelmet a nézetek, a bizalom, az őszinteség kölcsönösségével társítva, 13,2% az egyenjogúságot és a tiszteletet, 4% a szerelmet és a lakást, 1,6% a szerelmet és az anyagi jólétet, 0,6% a gyermekek létét, 0,2% a reális életelveket, 4,2% nem adott semmiféle választ. Ez azonban egyáltalán nem azt jelenti, hogy számukra kérdés közömbös. Egyenlő mértékben sorolhatók mind a *moralistákhoz*, mind a *materialistákhoz*. Az ifjúsági ankétok azonban azt mutatják, hogy fiaink és lányaink 98,5%-a a családi boldogság alapjának a szerelmet tartja, illetve a szerelmet a barátsággal és a tisztelettel társulva.

Tehát a túlnyomó többség a nézetek, a bizalom, az őszinteség azonosságát és egy sor egészen más kategória kölcsönösségét keresi. Jóllehet az egyes tulajdonságok nem elkülönülten, hanem bonyolultan összefonódva jelennek meg. Lehet, hogy az emberek többsége ezért *illeszkedik* egymáshoz esetleg évekig, mielőtt házasságra lépne.

Milyen sok házasságot kötnek nálunk, s milyen azok tartóssága? Sajnos az adatok szűkszavúak. Egy részük nem az egész országból valók, s hiányosak is vannak. Azonban azok is mondhatnak valamit.

Nálunk sok házasságot kötnek: naponta 6,5 ezer esküvő van, ez évenként több mint 2 millió! 1000 főnyi lakosra alig kevesebb mint 10. Ugyanakkor más országokban: NSZK —9,4, USA —8,5, Anglia —7,5, Franciaország — 7.

Sajnos, nincsenek mindent átfogó adataim a felbontott házasságokról. A leningrádi városi bíróság adatai szerint a családok 17%-a bomlik fel a gyermekek hiánya vagy a fizikai kielégítetlenség miatt, 28% a hűtlenség miatt, 21% az érzelemhiány vagy a jellemek összeférhetetlensége miatt. Körülbelül 17%-nál a háborúból való vissza nem térés, 3%-nál az egyik házastárs

börtönbe zárása miatt. A többiek a gazdálkodni nem tudás, a durvaság, a lakás és a pénz, a szülőkkel való összeférhetetlenség miatt.

Tehát a sikertelen házasságok túlnyomó többségének oka, mondjuk ki egyenesen, a házastársak nyilvánvaló *összeférhetetlensége*, s úgy jön létre, hogy idejében nem tanulmányozták egymást, és nem határozták meg azokat a tulajdonságokat, amelyek számukra kölcsönösen kielégítőek.

Figyelmet keltő a válások relatív számának növekedése az országban. Amint azt a Központi Statisztikai Hivatal tájékoztatója közli, 1950-ben 1000 főre 0,4 jutott, 1960-ban 1,3 és 1969-ben 2,6.

Például 1963-ban a kosztromai körzetben egy válásra 9,1 házasságkötés jutott, 1965-ben 6,4, 1966-ban pedig már csak 3,8. 1968-ban a főváros pervomajszki kerületi anyakönyvi vezetője megjegyezte, hogy náluk havonta kb. 400 házasságkötést és kb. 300 válást jegyeznek be.

Nem túl sok e kis *tragédiák*, vagyis a válások száma?

Nem kell magyarázni, mit hoz magával a válás: a lelki megrázkódtatások, a társadalmi károk és a szociális betegségek növekedését.

Természetesen sokféle módja van a válások elleni küzdelemnek, s a házasságok megszilárdításának. Azok azonban, bizonyára, nem csupán pszichológiai, erkölcsi és társadalmi ráhatásokban merülnek ki.

Lehetséges, hogy egy gép, a maga gyakorlatilag korlátlan memóriájával segít majd a házasságra lépőknek megítélni önmagukat, s választ adni arra a kérdésre, hogy tudnak-e együttélni és igazi családot alapítani?

A szóban forgó kérdésben jelentős még a tehetetlenség ereje. A szociológusok nem foglalkoztak vele komolyan, nem történtek még lélektani elemzések, s nem fejtették ki kérdéseit (pedig megérte volna), a legújabb tudományos módszereket és eszközöket itt nem is alkalmazzák.

Mit is lehet kezdeni e nélkül napjainkban, amikor a tudomány

nagymértékben feltárta a személyiségek összeférhetőségi kérdéseit. Senkit sem lep meg az a tény, hogy azokat az űrbajósokat, akiket csoportos űrrepülésre készítenek elő, teljesen reálisan és ésszerűen a pszichológiai összeférhetőség szempontjából is megvizsgálják. Érthető, hogy azon emberek közt, akik több éves együttes útra indulnak, minden órában, minden nap egyre több baráti jóindulatra vanszükség.

A legutóbbi tudományos megfigyelések mutatták meg, hogy nem is olyan könnyű még csak egy kis közösséget sem kiválogatni, amely az önmegszilárdulás, az önképzés, a fejlődés és a kapcsolatok erősítését szolgáló tendenciával rendelkezik. A külföldi sajtó űrhajós párok és csoportok felbomlásának eseteiről számolt be, amelyek az etikai normák, temperamentumok stb. szempontjából összeférhetetlenek voltak.

Emlékezzenek vissza, a *jellemek eltérése* a válások névleges okává vált. E hétköznapias meghatározás mosolyt kelt, pedig a jellemek eltérése pszichológiai összeférhetetlenséget jelent. A családhoz úgy kellene viszonyulnunk, mint valami űrhajós párhoz, akik bonyolult, nehéz, hosszadalmas útra — vagyis az életbe — indulnak.

A tapasztalt emberek tudják, mennyire fontos a *kölcsönös illeszkedés*, a biológiai, a lélektani s egyéb összeférhetőség. Nem általában az összeférhetőség, hanem a házasságbeli. Sajnos erre az oldalra kevés figyelmet fordítanak.

Például ez ideig nem is oldották meg azt az egyszerű kérdést, milyen emberek képesek jobban együttélni: az egymáshoz hasonlók vagy az *ellentétek találkoznak* típusok? A választ nyilván úgy lehetne megkapni, ha a vizsgálathoz az úgynevezett mennyiségi módszereket alkalmazzuk.

Nem érdektelenül állapították meg a közösségi személyiség vizsgálatakor a férfiak és nők önértékelése közti különbséget. Ha a férfiak a közösséghez viszonyítva túlbecsülik saját intellektuális jellemvonásaikat és fizikai vonzerejüket, akkor a nők ellenkezőleg, éppen e minőségek tekintetében a legkövetelőbbek önmagukkal szemben. Még egy érdekesség: a férfiaknak a nők-

ről alkotott véleménye felette áll a nők férfiakról alkotott véleményének.

Ez a közösségben van így. És a házasságban?

A házasságban ... jelenleg nincsenek rá adatok, legalábbis nem tudtam beszerezni azokat.

Mindenki számára érthető, hogy egy ilyen bonyolult kérdésben lehet meggondolatlan döntéseket alkalmazni. Jómagam lélekben az elektronikus gépek alkalmazása mellett állok azok megsegítése érdekében, akik házasságot akarnak kötni. Természetesen megértem, hogy aligha érdemes a számítógépeket már holnap *Jószolgálati Irodába* beállítani.

Vannak emberek, akik konkrétan, elfogultság nélkül rámutatnak az *elektronikus tanácsadó* hátrányaira. Ha hátrányt majd találnak is, bizonyára képesek leszünk úgy csinálni a dolgot, hogy a számítógépek alkalmazása ne váljék a társadalom erkölcsi és etikai normáinak megsértésévé.

A szociológusok állítják, hogy *a családi viszonyok átalakulásának, demokratizálódásának és modernizálódásának gyors folyamata játszódik le, s e folyamat irányítható, de el nem kerülhető.* Irányítani, de hogyan? A régi módszerekkel: eljegyzéssel, lánykérővel? ... Nyilván új kornak új dalok kellenek...

A számítógépeknek van egy felbecsülhetetlen érdemük: félelem és szerénység nélkül rájuk lehet bízni mindent, még a legintimebb dolgot is. Ez pedig igen fontos, mivel — *P. B. Poszvjanszkij* professzor véleménye szerint — a válások felét, ha nem többet, a házastársak közti intim kapcsolatok diszharmóniája váltja ki.

Természetesen az elektronikus tanácsadó szokatlan s ijesztő dolog, mint ahogy szokatlan és ijesztő a diagnosztizáló gép utasítása alapján a műtőasztalra feküdni is. — De ma nem rakunk műtőasztalra egyetlen vele született szívbajos beteget sem előzetes gépi diagnózis nélkül — jelenti ki *A. Visnyevszkij*, a híres sebészprofesszor.

Tán ez esetben nem morális-etikai szempontról van szó? Míg a diagnosztizáló gép tanácsai, ha úgy akarják, a megoldás kér-

lelhetetlenségét jelentik, az *elektronikus tanácsadó* mindössze a szabad választáshoz vezető út!

Mielőtt levonnánk a következtetést, mérlegelni kell minden érvet és ellenérvet!

És, ami a fő — nem kell a szerelmet összetéveszteni az elektronikával, itt is adjuk meg az embernek, ami az emberé, a számítógépnek pedig, ami a gépé.

E feljegyzéseket annak idején a *Lityeraturnaja Gazetában* publikáltam. A probléma megítélése több mint másfél évig tartott. Sok különféle vélemény került kifejtésre: mellette is, ellene is. Sajnos a vita egyes résztvevői nem fordítottak figyelmet a cikkemben található utolsó kifejezésre, pedig aláhúztam benne, hogy *semmiféle tanácsadó sem akadálya az igazi szerelemnek, ha az létrejön.* Most is e szavakat húzom alá: *igazi szerelem.* Helyesen jegyezték meg a *Lityeraturnaja Gazetában* lefolyt vitazáró cikkre vonatkozó *Pravda*-válaszban, hogy *csupán a kölcsönös szerelem, a bizalom, a tisztelet mély, gyűjtő és felemelő érzése egyesíti és fűzi össze kötelékeivel a férfit és a nőt, s nyújt számukra igazi, semmivel sem pótolható boldogságot a családban.*

Kiöli-e majd a kibernetika a feltalálói leleményességet?

G. Ribot francia pszichológus századunk közvetlen kezdetén így beszélt a feltalálásról:

— Ami a feltalálások módszereit illeti, amelyekről sok tudós értekezést írtak meg, valójában nem is léteznek. Hiszen akkor feltalálókat is ki lehetne agyalni, hasonlóan ahhoz, ahogy ma mechanikusokat és órásmestereket találnak ki.

E nézőpontot fokozatosan mind jobban és jobban kétségbe vonták. A tétel látszólagos *axiómarendszere* megingott. A feltalálói tevékenység a véletlen felfedezéstől az új tudományos feladatok tudatos és tervszerű megoldásáig megtette az utat. Ma mind gyakrabban nyilatkoznak azzal kapcsolatban, hogyan le-

het létrehozni a feltalálás metodikáját. Sőt arról is, hogy feltétlenül tanítani kell a feltalálást. Ma már oktatják is a feltalálói tevékenységet. Tanítják az alkotókat is: zenei műveltségre a tehetséges komponistát, és színművészeric az eredeti színésztehetségot.

Erről nem a pszichológusok és nem azok beszélnek a legtöbbet, akik a feltalálásról írnak, hanem maguk a feltalálók. Ők gondolnak munkájuk ésszerűsítésére, s ők döntik meg a feltalálói tevékenység titkának „*az nem is létezik*“ dogmáit. A módszertan megteremtésére törekszenek. Nem minden találmány a hirtelen ötlet feltétlen következménye, sok minden érhető el az értelem tisztán racionális erőfeszítése útján is.

Mi tehát az a módszer, ami elősegíti a feltalálást? E témával kapcsolatban a legpontosabban és legvilágosabban *G. Altschuler Hogyan tanuljuk meg a feltalálást?* című könyvében, *R. Bahtamov A hatszárnyú arkangyal előzetése* és *V. Muhacsev Hogyan születnek a találmányok?* című munkájában nyilatkozott.

A feltalálói tevékenység elmélete az ő értelmezésük szerint a következőkben foglalható össze.

A feladat megoldásakor a feltaláló három szakaszt jár be.

1. A feladat kiválasztása és azon technikai ellentmondás meghatározása, ami zavarja a szokásos, már ismert utakon való feladatmegoldást. Ez az elemző stádium.

2. Az ellentmondások okának megszüntetése valamelyik géprész vagy a folyamat változtatásával. Ez az operatív stádium.

3. A tökéletesítésre váró gép vagy a folyamat más részeinek összehangolása a megváltoztatott résszel. Ez a szintetikus stádium.

Ez az eljárás hasonlít egy állványzat építéséhez (a módszer), ami segít az épületet felhúzni (a találmány). A tevékenységi program ezen kidolgozása a bonyolult folyamat egyszerűbb alkotó folyamatokra való taglalása. Kibernetikai nyelven szólva, a feladat általánosítása az algoritmus megtalálása, vagyis olyan kutatási terv összeállítása, amely a megoldás megtalálásához vezet.

Ha pedig a feladatot pontosan kialakították, s az algoritmust felállították, akkor lehet alkalmazni a számítógépet.

A feltalálással összefüggő számos munkát néztem át, mind a régieket, mind a maiakat, elemzőket és leírókat: *Gaston Tissandier A tudomány mártírjai* című művétől kezdve *Vlagyimir Orlov Értekezések a nagy találmányokat teremtő ihletről* című művéig. Szinte valamennyi szerzőnél megtalálható az a gondolat, hogy a feltalálás — még ha bonyolult folyamat is — egyszerűbb, részkérdésekre taglalható. Még azok a szerzők is, akik ihletről, sugallatról, megvilágosodásról s véletlenről beszélnek, konkrét példákra térve akaratlanul megtépázzák e nézeteket.

Ugyancsak *Ribot* írta: „Avégett, hogy megtestesítsük és szilárddá tegyük a feltalálás eszméjét, amit a diadalmas ész előtt a fénybe állítottunk, megingathatatlan kitartásra és a legnagyobb türelemre van szükség. Minden oldalról tanulmányozni kell és alkalmazni azokat a mechanikai berendezéseket, melyek a feltaláláshoz felhasználhatók, mindaddig, míg el nem érjük azt a vasegyszerűséget, ami egyedül is életképessé teszi azt."

De mi legyen a híres *véletlennel*?

A véletlen szerepét csupán a probléma felvetése korlátozza. — Kimunkálása már megy a maga alkotó útján — ismerte el a neves szovjet szabadalmazó, *P. K. Engelmeyer*, *Az alkotás elmélete* című munka szerzője.

Albert Einstein, aki több évet töltött egy szabadalmi hivatalban, azt mondta:

— A feltaláló olyan ember, aki a már ismert berendezések új kombinációját találja meg. Ismeret nélkül nem lehet feltalálni, mint ahogy nem lehet verset írni, ha nem ismerjük a nyelvet.

Edison pedig így nyilatkozott:

— Amikor valamit fel akartam találni, mindannak tanulmányozásával kezdtem, amit az elmúlt időben az adott kérdés kapcsán megalkottak.

— A feltalálás a türelemtől függ — állította *Buffon*. — Az adott tárgyat hosszasan és figyelmesen kell vizsgálni minden oldalról. Lassanként kezd feltárulni a szemünk előtt.

Descartes is azt tartotta, hogy minden nehéz, kutatásra váró kérdést részkérdésekre kell felbontani, hogy lehetővé váljék a könnyebb megoldásuk.

Határozottan és világosan nyilatkozott *Science et méthode* című cikkében *Henri Poincaré* francia matematikus: „Alkotni, feltalálni annyit jelent, mint kiemelni, kiragadni."

Mint látható, ugyanaz az eredmény: ismeret, kutatás, összevetés, kiválasztás. Tételek, amelyek a kibernetikához közel állók, kategóriák, melyek programozhatók.

De a feltalálást mint kibernetikai folyamatot is lehet szemlélni: kitűzzük a feladatot, és elképzeljük az ideális végeredményt. Nem is szükséges tudnunk, hogyan megy végbe a feladat megoldása.

A végleges, a kellő, az elengedhetetlen, az ideális eredményt keresi az ember, s keresheti a gép is. A gép eléggé könnyen sajátítja el a feltalálói tevékenység végső alapjait: az összehasonlítási, a kombinációs, a reális létező tárgyak, az ellenőrzött sémák, és a működő mechanizmusok egyesítésének képességét. Ilyen választék esetén a gép eredeti megoldásra talál. Számára ez nem egyéb, mint az információfeldolgozás egyik módja.

Nincs kizárva, hogy a gépi átrendezés eredményeképpen egy olyan találmány jelenik meg, mint 100 évvel ezelőtt, amelynek leírása *Lenoir* hajtóművének leírásánoz hasonlít, s amihez végül ő kapta a szabadalmi jogot: „A gép dugattyút használ, amit *Street* szabadalmaztatott; közvetlen és kettős működésű, mint *Le Bon* gépe, a gyújtáshoz elektromos szikra szolgál, mint *Rivet* gépében. *Samuel Brown* vízhűtéses hengerét kölcsönzi, illó szénhidrogénekkel képes működni, amit *Erskine-Hazard* ajánlott. A dugattyú működéséhez gázt és levegőt alkalmaz, azok előzetes keveredése nélkül, ami mindig veszélyes és szivattyúk használatát követeli meg.

Már automatizálták a számítógépek tervezését, sőt olyan gépek gyártásával kapcsolatos munkába kapcsolták be őket, amelyek hasonlítanak hozzájuk. Gépek tervezik és készítik el a többi gépet. Emellett fokozatosan el is térhetnek az adott berende-

zésektől. Olyan messzire térhetnek el, hogy új elhatározásra juthatnak. Az alapgondolat ezen fejlődése nagyon hasonlít a feltalálói elvhez: „*egyenes feltalálás*“, ami az alapeszme közvetlen tapasztalati fejlődéséből adódott.

Végezhet a gép feltalálói kutatást is, vagyis olyan mélységű számítást és olyan távlatra, amire ember nem képes. Pedig éppenséggel az ember — a számára áthatolhatatlan számítások mögött — lehet a feltalálás kulcsa is.

Mire vezethet mindez? Az elektronikus gépek, gigantikus sebességekkel, kérlelhetetlen logikával, nagy memóriával rendelkezve, pótolhatják-e a feltaláló géniuszát?

Engelmeyer szerint: „Ha egy tehetség következtetéseit a módszeres gondolkodás logikai szabályai hatnák át, akkor ugyanilyen logikával az egyszerű szillogizmus gyakorlatával megoldanánk mindenféle kérdést, és az, amit feltalálásnak neveznek, megszűnnék létezni“.

Arról van szó, hogy a zseni következtetéseit nem hatja át a logikai előkészítés. Nincsen általános algoritmus, azaz bármilyen feladat megoldására szolgáló univerzális szabály, még a feltalálói tevékenységben sincs. Ezért lehetetlen megalkotni egy zseniális feltaláló automatát.

Hogyan lehetséges, hogy gépeket tudnak feltalálni, de feltaláló automatát nem tudnak alkotni? Nincs ellentmondás. *Pasteur* véleménye, hogy „A kutató hatalmának egyik elemeként az illúziók szolgálnak: elfogult eszmék lesznek számára irányadók. A gépeknek nincsenek illúzióik, s elfogult eszmék sem tartják hatalmukban őket. A gépek bármilyen feladatot megoldanak, amit az ember összeállít, de önmaguk egyetlenegyet sem ötölnek ki.“

A gép elvégzi a lámpaizzószálak 8 ezer változatának a vizsgálatát és a lúgos akkumulátorral végzett 50 ezer kísérletnek az elemzését. De meg tudja-e majd alkotó módon határozni, ember adta feladat nélkül, a tudomány és a technika általános fejlődési dinamikáját; s ilyen vagy olyan helyzetben megtalálni a döntő problémát, ami a fejlődés gátját jelenti? A gép emelőkar,

amely segíti a követ elmozdítani, azonban nem személy, aki elhatározta e kő elmozdítását.

Milyen hát a kibernetika és a feltalálói munka kölcsönhatása? Abba az irányba haladunk, hogy kivész a magányos feltaláló, ahogy az egyedülálló tudós is kihalóban van. A *kézműves* feltalálói tevékenység felváltására jön a feltalálóipar. Ha valaki mérhető nagyságrendben ki tudná mutatni az elfecsérelt energiát, amíg egy találmány elkészül, világossá válna, hogy valamennyi között a feltaláló munkája a legterméketlenebb.

A feltalálói tevékenység módszertana végül is előre kidolgozott és irányított program szerinti kutatásokhoz vezethető, a tudatlanságban végzett kutatásokkal ellentétben. A feltalálói munka hasznos tevékenységi együtthatója mérhetetlenül növekszik.

Oly könnyű lenyomni a gombokat...?

Mikor a miskolci Lenin Kohászati Művek hengerdéjében általános rekonstrukció kezdődött, a hengerészek arra gondoltak, eljön az aranykor, ülj le a pultod mellé, és nyomogasd a gombokat. És lám, eljött az ideje, hogy „gombokat kell nyomogatni", aranykor mégsem köszöntött be. Minden lényegesen bonyolultabbnak bizonyult: 90 másodperc alatt egy kézdőnek 86 műveletet kell a pultnál elvégeznie. Az effajta idegi megterhelés sokak erejét meghaladta. Az új munkára 135 hengerészből csupán 22 bizonyult alkalmasnak.

A technikai fejlődés napjainkban kolosszális változásokat visz az emberi munka jellegébe. Az ember maga nem dolgozik annyit, mint amennyire kihat a munka tárgyára, amennyire azt a gépek különböző szervein keresztül irányítja. Tehát ráhatás helyett: irányítás. A kibernetika így írja le:

„Bármely irányítás ennek vagy annak a folyamatnak a menetével kapcsolatos információ gyűjtésével kezdődik. Ezen információ a híradástechnika csatornáin való közvetítésre alkalmas

formává alakul át, és bekerül egy irányító szervbe (például az emberi agyba vagy egy automatába). Meghatározott szabályokat és lehetőségeket használva fel, az irányító szerv a feltett feladatokkal és célokkal összhangban feldolgozza a kapott információt. Ily módon kialakul a vezérlő utasítás, amely a végrehajtó mechanizmusokba vagy szervekbe kerül át."

Az ember tehát az irányító parancsnok, a mechanizmusok a végrehajtók. Ez az egyik oldal. Másrészről pedig a gép támaszt új követelményeket az emberrel szemben. Megszabadítva őt az időnkénti igen súlyos fizikai megterhelésektől, az automatok figyelmet, jó felfogóképességet, reagálási sebességet követelnek. Miért nem tudták a miskolci üzemben a hengerészek mindannyian nyomkodni a gombokat? Ilyen nehéz a gombok nyomkodása? Igen, s emellet komoly probléma. Olyannyira komoly, hogy egy speciális tudomány foglalkozik vele, a műszaki pszichológia. Ez a műszaki és a pszichológiai tudomonyok sajátos és eléggé kényes keveréke.

Mint tudományág a műszaki pszichológia tanulmányozza a gépek, a berendezések, a mechanizmusok, a szerkezetek és az ember viszonyát. Azt vizsgálja, hogy milyen követelményeket támasztanak a gépek, berendezések, mechanizmusok és szerkezetek az ember pszichikai tulajdonságaival szemben. Mint pszichológiai tudományág arra hivatott, hogy az ember és az általa teremtett technika kölcsönhatását tanulmányozza és tökéletesítse.

Vajon a mikroelektronika miért kíván női munkaerőket? Talán azért, mert a nők kitartóbbak, türelmesebbek, figyelmesebbek és gondosabbak? Nem vitás, ez így van. A fő ok azonban másban rejlik: ujjaik nagy érzékenysége folytán a nőknek könnyebben sikerül a részegységekből a szemmel alig látható áramkörőket összeállítani. És ezen érzékelőképességük a munka során még tökéletesedik. (Speciális műszerrel ez még mérhető is.)

Ezt és sok egyebet tanulmányoz a műszaki pszichológia. Tág érdeklődési körét két kategóriára oszthatjuk: az emberi *teljesítőképességre* és az ember—gép kapcsolatra.

Úgy látszik, az emberi *kapacitás* mint *információs csatorna* és mint *jelközlő csatorna* nem korlátlan. Létezik egy küszöb, amelyet az ember nem tud átlépni. Nem tud reagálni adott küszöbértéknél gyorsabban sem a hangra (120—182 ms), sem a hőmérséklet-változásokra (150—240 ms), sem a fájdalomra (400—1000 ms), sem a látási ingerekre (150—225 ms).

Amikor azonban a tudósok a különféle foglalkozások *szubjektív* vizsgálatával foglalkoztak, bebizonyosodott, hogy az emberi szervezet óriási tartalékokkal rendelkezik.

Gyakorlott csiszolómunkások, 0,6 mikronos sávokat különböztetnek meg, általában az ember azonban nem képes a 10 mikronnál keskenyebb sávokat észlelni. A szövőmunkások a fekete színnek majd 100-féle árnyalatát, az öntőmunkások a piros színárnyalatok legszélesebb színskáláját (több százat) különböztetik meg. A képzőművészek észlelni tudják két tárgy arányai közt a 0,006-szeres különbséget is.

Az emberi tartalékok műszaki-pszichológiai vizsgálatai alapján a tudósok az emberi és a gépi munka összhangját az elméletből a gyakorlatba helyezték át.

Szovjet pszichológusok lelték meg az egyik legfontosabb és legérdekesebb törvényszerűséget: a percepciót nem az információmennyiség, hanem a *keresési lépések* száma határozza meg. Tehát a gépek tervezésekor a jeleket az ember látási rendszerének törvényeivel megegyezően kell csoportosítani. Akkor. azonos információfelvétel esetén, a kezelő szeme kevesebb megállást s kereső lépést tesz. A műszaki pszichológia szakemberei azt állítják, hogy az információs jelek kompozíciója a vezérlőpulton olyan jelentőségű, mint egy művészi képen. Hiszen itt is és ott is a jó kompozició segíti elő a helyes érzékelést.

A műszaki pszichológia létének több mint két évtizede folyamán módszereinek és kutatási eszközeinek egész arzenálját dolgozták ki. A legtökéletesebbeket és leghatékonyabbakat tán az utóbbi évek folyamán.

Sok bonyolult probléma közt a tudósok sajátos modellek segítségével igazodnak el. Igen érdekesek a kezelőember-modellek.

Éppen azok segítségével állapították meg, hogyan reagál egy kezelő a gépi vezérlőpult mellett a különböző jelekre és utasításokra, amelyeket megkap, vagyis hogyan hat az emberi jártasság, a memória és a jellem a munkára.

A kijevi munkapszichológiai laboratórium munkatársai kidolgoztak egy sajátos *televíziós agyat*. E berendezés a képernyőjére az idegsejteken áthaladó gyenge elektromos jelzéseket, azaz bioáramokat visz fel. Ilyen neuro-tv-t kapcsolnak a legkülönbözőbb foglalkozású vizsgálati személyekhez: gépkocsivezetőkhöz, villanymozdony-vezetőkhöz, vezérlőpultok kezelőihez. A műszer minden mozdulatukat és bioáramuk áthaladását rögzíti. Feltárták például, hogy a kezelő agyának azt a részét terheli le nagyon, mely a látással függ össze. Ezért a pultokat tökéletesítették. Látási jelzéseken kívül hallási és tapintási jelzéseket is bevittek. Ma nemcsak a különböző színű fények villogása, de hang, a billentyűk, karok, gombok állása is segít a kezelőnek a gép irányításában.

A műszaki pszichológiának még egy igen fontos tevékenységi területe van: megállapítani és kifejleszteni az ember foglalkozási képességeit, s azokat a növekvő technikai igényekhez igazítani. A kísérleti alanynak e célból több, növekvő bonyolultságú feladatot adnak, azután speciális műszerek segítségével meghatározzák a *haladási koefficienst* és a *saját képességeket fejlesztő képességeket*. Ez igen hatékony módszer, segít megállapítani, hogy dolgozhat-e az ember olyan szakmában, amely pontos reakciót, állhatatosságot, jó felfogóképességet, hidegvérűséget, s az előre nem látható helyzetekben eligazodni tudást követel.

Különböző típusú emberek vannak. Egyesek, a „forrófejűek", teljes egészében kitárják képességeiket, amikor gyors cselekvőképességet követelnek tőlük, vagy amikor veszély fenyegeti őket. Mások ilyen helyzetben — szó szerint — leeresztik a kezüket, nem képesek dolgozni, ha tudják, hogy az *idejük kiszámított*, ha éles zajok zavarják meg őket, ha valami elvonja a figyelmüket. Ilyen helyzetben gyorsan kimerülnek, elfáradnak,

s elfelejtik a szokásos tennivalókat. Ha azonban megfigyeléssel vagy olyan munkával bízzák meg őket, amely hosszas információhiánnyal jár (amivel a „forrófejűek“ nem birkóznak meg), pótolhatatlanná válnak.

Egy új, érdekes és fontos irányzat teszi lehetővé a foglalkozási képességek gyorsított fejlesztési útjainak megtalálását. A magas fokú mesterségbeli jártasság nem a munkaképesség vége felé válik az ember sajátjává, hanem akkor, amikor még ereje és egészsége teljében van. Vegyük például a műszaki érzéket. Azt tartották, hogy az majdhogynem vele született, vagy csak évek gyakorlatával szerezhető meg. Elég csupán a motorvezetők szakmai érzékét megemlíteni. A motor fordulatszámának a normálistól való 3%-os eltérését is meghallják. A Pedagógiai Tudományok Akadémiája munkapszichológiai laboratóriumának munkatársai foglalkoztak a műszaki érzék sajátosságaival összefüggő vizsgálatokkal, később sikerült is kidolgozni a képzés gyorsított eljárásait.

Fontos kérdést jelentenek számítógépesítéssel kapcsolatos problémák is. A pszichikum új megterhelései, amiket a számítógép villámgyors működésével és az emberek számára titokzatos tevékenységével vált ki, a dolgok részleteibe be nem avatott embereken máris jelentkeznek.

A gépkezelő (operátor) a számítógép mellett olyan, mint a munkás a futószalag mellett. Egyetlen különbségük: a munkás végül is megláthatja, hogy mi keletkezett, egy gép vagy egy tárgy, de a gépkelező nem is gyanítja, hogy mit készít. Szeme előtt élnek és dolgoznak a végtelenül parányi részek (a gép belsejébe rejtve). Neki nem is kell ismerni azt a feladatot, amit a gép éppen megold. A „vakon“ végzett munka azonban nenéz pszichológiai erőfeszítést jelent.

A műszaki pszichológiában ma két módszert alkalmaznak: a *mechanocentrikus* vagy gépi módszert, és az *antropocentrikus*, vagyis az emberi módszert. Természetesen a második eljárásmód itt is megkövetelte, hogy megadjuk az embernek, ami az emberé, a gépnek, ami a gépé. Nyilván, az első helyre állítva az embert,

a fő figyelmet az általános pszichológiai elvekre kellett fordítani.

A műszaki pszichológia fejlődésének kezdetén minden egy kissé másképpen volt. Csupán a dolgozó ember energetikai problémáit vizsgálták. Most az őt körülvevő környezetet is tanulmányozzák, a különböző bonyolult rendszerek kölcsönhatását is, egészen a természet klimatikus körülményeiig és biológiai ritmusáig. Más szóval, a tudonány kiszélesítette határait, mássá változott. Most az emberi körülményeket pszichológiai, fiziológiai és szociálgazdasági kritériumok szempontjából tanulmányozzák. Rövidebben: az ember—gép—környezet-együttest tanulmányozzák.

Egész röviden: ez az *ergonómia.*

Láthatják, ez a próbálkozásszerű válaszadás arra a kérdésre, hogy olyan könnyű-e lenyomni a gombokat. Ez a kérdés egy új tudományág körvonalazásához vezetett el. Hatása a gépek világába való emberi *behatolásra* a gépek világának és bonyolultságának fejlődési mértéke szerint növelhető. Vitathatatlan, hogy *az ember—lapát-rend szerben* az ember nem úgy viselkedik, mint egy *ember—exkavátor-rendszerben*, az *ember—számítógép-rendszerben* pedig másképpen gondolkodunk, mint az *ember—számolótábla-rendszerben.*

Alkotás, lélek, heurisztika

Amikor az alkotó emberről beszélünk, az emberről, aki valami újat, szokatlant hoz létre, tehát a feltalálóról, a tudósról, az íróról, a művészről, azt mondjuk: *alkotó, teremtő lelke* van, *telítve van alkotó szellemmel.* Ekkor nem valami természetfelettire gondolunk, hanem ellenkezőleg, ezen egészen konkrét dolgot értünk, az emberi agy tevékenységét, a szellemi tevékenység termékét. Csak a vallás és az idealista filozófia ért ezen valami nem anyagi (a testtől független) megismerő princípiumot.

Az igazi tudomány számára az alkotás nem jelent megismerhetetlen titkot.

Az emberek apránként, fokozatosan jutottak el e bonyolult folyamat — az alkotás — megismeréséhez. Kezdetben azt tartották, hogy semmiféle alkoló rendszer nem létezik, mindaz, ami az *ihlet* folytán, sugallatra létrejött, az megvilágosítás révén, mintegy fentről bocsáttatik az emberre, és minden alkalommal megállásra készteti a *diadalmas ész tündöklése előtt.*

Az alkotás fő törvényeinek megismerése után természetesen a fő dolog keltett érdeklődést: mi a gondolkodás, miben rejlik éppenséggel az agyműködés alkotó formáinak sajátos volta? *Mi zajlik le nálunk ott belül?* Hogyan teremti elő az agy a megoldást?

Egy költő így írja le ezt:

„... Képzeljenek el egy ablaktalan, sötét épületet. Ebben az épületben belül folyosók futnak. Rengeteg a folyosó, egész labirintus. Egyeseknek több, másoknak kevesebb folyosója van. A folyosókat villanylámpák világítják meg; egyesekben világosabb, másokban sötétebb van. És a folyosók falai nem egyenletesek, hanem méterenként egy-egy szobába nyíló ajtó van. Minden szobában különböző holmik bezsúfolva; egyesekben több, a másokban kevesebb.

Nos, a szobákban levő holmik adják az emberi tudatot: egyeseknek több, másoknak kevesebb van belőlük. Maga a folyosórendszer, mely hol egyenesen fut, hol zsákutcákat képez az ember felfogóképessége, maga az ész. Az okos ember az egyik folyosóból gyorsan viszi át a holmikat a másikba, az ostoba pedig ezalatt a zsákutcából hurcolja elő azokat.

És végül a megvilágítás, ez az ész tisztasága, a logika. Ha a folyosó jól megvilágított, az összes holmi, amit a gondolat hordoz, jól látható, s áttekinthető, hogy mi mihez tartozik. Ha azonban a folyosó sötét, akkor zűrzavar lesz, egyiket a másikkal összetévesztik, s a legvadabb következtetéseket vonják le stb.“

Mit mond azonban a tudomány az alkotó folyamat természetéről? A tudomány, a költészettel ellentétben, óvatos. Még nem lelt egyértelmű és elegendően pontos választ a kérdésre. Különböző irányokból keresik a feleletet, s a kutatásban különböző

szakágak tudósai vesznek részt: biofizikusok, biokémikusok, neurofiziológusok, fiziológusok, még matematikusok is... És természetesen, a kibernetikusok.

Az alkotásnak mint folyamatnak a tanulmányozása új lökést kapott az elektronikus számítógépek megjelenésével. Lehetőséget adnak a bonyolult feladat számítógépes program alakjában való összeállítására és az alkotó folyamat modellezésére.

Természetesen oz nem jelenti azt, hogy az alkotás modellje és maga az alkotás közé abszolút egyenlőségjelet tehetünk. Nem, másról van szó.

A kibernetikusok elhatároztúk, hogy a bonyolult folyamatok legelemibb műveletekre való taglalásának általános elvére támaszkodva közelítik meg a problémát. Valóban ismert, hogy bármely bonyolult kérdés néhány összetevő részkérdésre bomlik, amelyek könnyebben megoldhatók. Tahát elvileg lehetséges az agy alkotó tevékenysége összes formáinak *elemi információs folyamatokra* való felbontása.

Egy sajátos elmélet, az algoritmusok elmélete, vagyis a feladatmegoldási szabályok gyűjteménye adott vezérfonalat a cselekvéshez. Nem valamelyik konkrét feladaté, hanem az adott típusú összes feladaté. Találtak algoritmusokat, általános megoldásmódokat a matematikai feladatok majd minden létező típusához.

Az algoritmusok elve azonban nem vált, s nem is válhatott kivétel nélkül minden feladat titkos zárait nyitó kulccsá. Sok probléma van a matematikában, amelyekre mind ez ideig nem sikerült algoritmust felállítani, vannak olyanok is, amelyekhez általában nem is létezik algoritmus.

Az emberi gondolkodás fölöttébb bonyolult. Talán semmi sem bonyolultabb. Hogyan vetjük össze, válogatjuk ki a megszámlálhatatlanul sok tényt, és jövünk rá az egyetlen helyes, pontos, egyértelmű megoldásra?

Éppen e kérdésekhez keres kulcsokat a nemrég keletkezett új tudomány — a heurisztika. Elnevezését *Arkhimédész* híres felkiáltásából nyerte: *Heuréka*! (Megleltem!).

Egy ismert, Amerikában élő matematikus *Pólya György* írta *A gondolkodás iskolája* című könyvében: „A heurisztika célja a felfedezés és feltalálás módszereinek és szabályainak tanulmányozása... A heurisztikus okoskodás olyan okoskodás, amely nem végleges és szigorú, célja a kitűzött feladat megoldása... Szükségünk lehet az átmeneti okoskodásra, mielőtt eljutunk a véglegeshez. Ahogy szükségünk van állványozásra, mikor házat építünk, éppúgy szükségünk van heurisztikus okoskodásra, amikor szigorú bizonyítást építünk fel."

Tehát mi is a heurisztika?

Ha egy matematikus azt mondja egy kezdő kerékpárosnak: — Ügyeljen arra, hogy a kerékpár útjának görbülete arányban legyen (az egyensúly érdekében) a sebesség négyzetgyökével, és minden rendben lesz — a kezdő kerékpáros (ha nem matematikus) nem képes megérteni, s még kevésbé tudja megcsinálni mindezt.

Lényegesen egyszerűbben tanulunk meg kerékpározni. Felülünk rá, fogjuk a kormányt, hajtjuk a pedált, valaki pedig hátulról fog bennünket a nyeregnél mindaddig, míg megtanuljuk, hogy mit kell tennünk.

Egy kibernetikus azt mondaná: — A kerékpározás olyan program, amely primitív információs folyamatok bonyolult rendszeréből áll, és amely lehetővé teszi, hogy bonyolult helyzetekben gyorsan oldjunk meg különböző feladatokat.

A pszichológus szemszögéből *a kerékpározáskor olyan szellemi folyamat valósul meg, amely nehezebb helyzetek megoldásához, új magatartási formák kialakításához vezet, és produktív gondolkodásnak, vagy heurisztikus cselekvésnek nevezhető.*

Más szavakkal, a heurisztika olyan tudomány, amely az alkotó gondolkodás törvényszerűségeit tanulmányozza. Az új tudomány tárgya azonban nemcsak az alkotó gondolkodás törvényeinek vizsgálata, hanem *a programozott irányítási módszerek és utak kidolgozása, amelyek alapján az alkotó folyamat lezajlik.*

És ha a természet, ahogy *Galilei* írta, a matematika nyelvén beszél, akkor természetes, hogy *a kibernetika a heurisztikus prog-*

ramozású irányítási módszerek és utak kidolgozása kísérleteiben nem kis szerepet játszott, létrehozva az úgynevezett heurisztikus programozást.

Mi ez?

Kezdetként elevenítsünk fel egy vidám történetet, amely *Jerome Jerome Három ember egy csónakban* című könyvében, hősével *Harrisszal* történik meg, aki a hampton-courti labirintusba került.

—Betérünk ide csupán azért, hogy elmondhasd, voltál egy labirintusban, de ez egészen egyszerű dolog. Járkálunk vagy tíz percig, majd pedig reggelizni megyünk — beszélte rá rokonát *Harris*.

De, ól Nemcsak maga tévedt el, hanem megzavarta azokat az embereket is, akiket meg akart kímélni a labirintusban való kínos vándorlástól. Saját taktikáját követve, *Harris* egész idő alatt jobbra fordult. Múlt az idő, s a húsznál több emberből álló társaság egész reggelig hasztalan kereste a labirintusból kivezető utat. Még a taktika megváltoztatásakor is — már tetszés szerinti irányba fordultak — minden út a középpontba vezetett. Ez olyan szabályszerűen ismétlődött meg, hogy néhányan egyszerűen egy helyben maradtak, és megvárták, amíg a többiek egy kicsit elkóborolnak, majd visszatérnek hozzájuk.

Szegény *Harris*, miközben megpróbált kijutni a labirintusból, nem tudta, hogy tévedései a kísérletek és hibák módszerével összefüggő alkotó folyamat megnyilvánulásai. E módszer szerint az összes lehetséges változat átvizsgálása végül is helyes megoldáshoz vezet. Ehhez azonban időre van szükség. És, természetesen, nem tíz percre, ahogy *Harris* feltételezte.

A labirintszerű feladatok adják a heurisztika kenyerét. A heurisztikus programok, amelyek segítségével a *labirintszerű helyzetekben* az emberi magatartás modellezhető, lehetővé teszik a logikai elvek olyan összességének megállapítását, amelyek minden emberre nézve kötelezőek.

Vegyünk egyet a heurisztikus programok közül, amit szerzői *univerzális problémamegoldónak* neveztek el. Labirintusszerű

feladat megoldására szolgál. A szokásos — nem heurisztikus — program *kiutat* keres a labirintusból, a *munkaterület bejárásának* összes lehető változatait átvizsgálva, s elhagyva sorjában a használhatatlanokat. Ez az úgynevezett egyszerű átválogatás. A heurisztikus program azonban beiktatja a véletlenség, az *előnyös* térbe való véletlen eljutás elemét is. E célból az *univerzális problémamegoldóba* belevitték a labirintusfeladat peremértékeit és a hozzá vezető távolságot. A változatok átválogatása nem fokozatos közelítéssel folyik, hanem ugrásokkal, s addig tart, míg a program olyan térbe nem jut, amely a végsőhöz a legközelebb van. Aztán újból a válogatás jön, s újból a végső térhez való ugrás. És ez így megy addig, amíg a soron következő próbánál a peremig nem jut a program. A program effajta *viselkedése* a heurisztikus taktikát jelenti. Hatékonyabbnak látszik, mint az egyszerű átválogatás. A szerzők szerint az agy működésére jellemző, és éppenséggel ez adja az emberi alkotóképességek alapját.

Azok a tudósok, akik ugyancsak az *alkotó tevékenységgel* foglalkoznak, azt tartják, hogy az *univerzális problémamegoldó* csak a feladatok ember által való megoldásához való közelítés, s állítják, hogy a stratégiát az ember más folyamat alapján dolgozza ki. Példaként a sakkjátékot idézik.

A sakkban a kialakított állás a sakklabirintus kezdési tere, a matt pedig a végső tér. Tehát a sakkjátszmákban mind a kezdő, mind a végső terek sokasága létezik. Azonban minden kezdőszinttől minden egyes végszinthez olyan sok út vezet el, hogy megint csak gigantikus számokkal kell szembenézni a változatok válogatásakor.

Érdekes kísérleteket végeztek a sakkal a Pedagógiai Tudományok Akadémiája Lélektani Intézetében. Lehetőséget adnak arra a feltételezésre, hogy az ember heurisztikus tevékenysége alapjául a szituációmodell felépítése szolgál. Például egy bonyolult sakkállásra rátekintve az ember az összes figura közül csak azokat választja ki, melyek között a kapcsolatot meg kell állapítani. Ezzel mindjárt nagyban lecsökkenti a labirintusjára-

tok számát, a *fölöslegeseket* kihagyja, nem veszi figyelembe. Ily módon az ember kialakítja viselkedési stratégiáját, a feladat különálló elemeinek modellezésén át eljutva a problematikus helyzetképhez mint egységes egészhez. Arról van tehát szó, hogy miként látja az ember az egész problémát és annak elemeit egyenként.

Ahhoz, hogy a gép akár megközelítően hasonló módon tevékenykedjék, olyan szabályokat kell beletáplálni, amilyeneket az emberekkel sohasem közölnek. Az emberek számára a szabályok magától értetődők, az emberek legfőbb fegyverét, a józan észt jelentik.

A heurisztikában is felvetették a *józan ész* hipotézisét. A szabályokat két részre osztották: a *látható* és a *láthatatlan* részre. A látható rész a szokásos értelemben vett összes szabály; azok a szabályok, amelyeket felhasználunk, amelyek alól van kivétel. A szabályok láthatatlan része a kivétel nélküli szabályok. Ezeket kettős szabályoknak nevezték el. Ezek jelentik a gép sajátos józan ész mechanizmusát.

A szerző az egyik kettős szabályt úgy magyarázza, hogy az egyiküknek a programba való bevitele az egyszerű emberi tulajdonságokkal, valami jellemvonásfélével egészíti ki a gép magatartását. Például a *céltudatossággal* (a legrövidebb úton célhoz érni) vagy a *takarékossággal* (minél kisebb egy hadsereg, annál drágább egy katona).

A kettős szabályok — a számítógép sajátos *büntető törvénykönyvét* képezik: megmondják a gépnek, hogy *mit nem szabad tennie*, azaz leállítják annak haszontalan, káros működését.

A heurisztika új tudomány. Ezért az is természetes, hogy alapirányait illetően nincsen egységes nézőpont, s nem létezik még egységes heurisztikaelmélet sem. Nyilvánvalók a problémák körüli forrongó viták is, s magára a tudományra vonatkozó különféle nézetek is. Egy dologban azonban minden vélemény hasonlít: végső fokon a heurisztika elég világosan mutatja be, hogy a gondolkodó ember szabad viselkedésének alapja az információfeldolgozás szabályainak bonyolult, de véges és egészében meghatározott komplexuma.

Néhány gondolat *Norbert Wiener Ember és Isten* című könyvéből. Kezdjük egészen messziről.

Nye práci benci kololáci. E mondás egy moszkvai szent embertől, *Korejsától* származik. Azt, hogy mit jelent ez, nem ismeri a tudomány és valószínűleg a vallás sem. Ám a szavaknak, helyesebben a hangoknak ebben az értheletlen halmazában van valami vonzó titokzatosság. Több primitív vallásban találunk efféle értelmetlen „varázsigét". Csakhogy a vallás nem csupa ilyen értelmetlenségekből áll.

Emlékszem, a Moszkvai Ifjúsági Világfórumon — az írók központi székházában — több vallásfelekezet képviselői is megjelentek. Néhány felszólalásuk valóban meglepett. Csak ültem és azon gondolkoztam, milyen különös, hogy a vallást okos emberek védelmükbe veszik, amikor a modern tudománnyal „egybehangolják" vallásukat, amikor a tudomány vívmányait a vallás szolgálatába próbálják állítani.

Az egyház, amely valaha élethalálharcot vívott a tudománnyal, most többféleképp kezdett el kacérkodni vele.

XII. Pius pápa enciklikájában, amit még 1950-ben jelentetett meg, kinyilatkoztatta: „Az egyház nem tiltja az emberi tudományok és a teológia jelen helyzetének megfelelően, hogy a fejlődésről szóló tanítás mindkét terület specialistái számára a kísérletezések és viták tárgya legyen." A Szentszék teoretikusai nem úgy beszélnek, mint korábban *Alliotta*, a teológus-filozófus, aki azt mondta, hogy a lelki jelenségeket nem lehet matematikailag vizsgálni, mérni. Megpróbálják összekötni a vallást a kibernetikával.

Nézzük csak, hogyan alakult át a Szentháromság fogalma, az Atya—Fiú—Szentlélek. Milyen korszerűen *intellektuálissá* lett! Az Isten most egy mindentudó s mindenható *intellektus*, aki mindent, mindenütt irányít, beleértve a mi földi világunkat is. A vallás a kibernetika felé tekintget?!

Az irányítás és a hírközlés elméletéből kiindulva *Norbert Wie-*

ner, a kibernetika megteremtője úgy vélte, hogy a vallás három oszlopát: a tudást, a hatalmat s a kultuszt elegendő egyszerűen kibernetikai szempontból vizsgálni. Mert „a tudás szorosan összefonódódik a hírközléssel, a hatalom pedig az irányítással, s az emberi tettek értékelése az etikával és a vallás egész normatív oldalával." Még ragyogóbban tárta fel ezt *Wiener* egyik látszólag ellentmondó gondolatmenetű, *Isten és Gólem* című könyvében, amely nagyon egyéni, és egyben általánosan emberi könyv.

Wiener óva int attól az előítélettől, amely tiltja, hogy egy kalap alá vegyünk Istent és embert, élőlényeket és gépeket. Ha ragaszkodunk ehhez az előítélethez, akkor igen kevéssel járulunk hozzá az ismeretek további fejlődéséhez.

Íme, *Wiener* gondolatmenete:

... a Mindentudó és Mindenható fogalmak a valóságban nem igazi felsőfokok, hanem pusztán egy igen nagy hatalomnak és tudásnak határozatlan kifejezései.

... A kibernetikában legalább három olyan kulcsprobléma létezik, melyek, szerintem, a vallási viták tárgykörébe is tartoznak. Az első a tanuló gépekre vonatkozik, a második az olyan gépekre, amelyek önreprodukálásra képesek, és a harmadik a gép és az ember együttműködésének a problémájára.

... Isten, ahogy a vallás tanítja, az embert a maga képére és hasonlatosságára teremtette, s mint folyamatot ugyanígy értelmezhetjük az ember szaporodását, ami lehetővé teszi az egyik élőlény számára, hogy egy másikat reprodukáljon a maga képére és hasonlatosságára. Az emberek azon törekvése, hogy Istent az ember fölé, az embert pedig az anyagok fölébe helyezzék, természetesen arra a feltételezésre vezet, hogy egy gép nem tud a maga képére és hasonlatosságára egy másik gépet előállítani.

De így van-e ez?... A gépek teljes mértékben képesek saját képükre és hasonlatosságukra egy másik gépet előállítani.

... A tanulás problémája, s annak különösen olyan gépekre való alkalmazása, amelyek képesek játékokat megtanulni, látszatra távol áll a vallástól. Mindazonáltal létezik egy teológiai probléma, amely összefügg a fenti megfontolásokkal. Ez a Te-

romtó és teremtménye között lezajló játék problémája. Ez a témája *Jób* könyvének, s az *Elveszett paradicsomnak* is.

(Az ördög játékba fog Istennel. A vallás tanítása szerint, az ördög Isten egyik teremtménye. A játék tehát Isten és egyik teremtménye között folyik. Az Isten saját teremtményével keveredik konfliktusba, s emellett könnyen veszíthet. Hiszen az ördög a fondorlatok ravasz mestere.)

... Folytathat-e Isten komoly játékot a saját teremtményével? Tud-e bármely alkotó, aki lehetőségeit illetően még korlátozott is, tulajdon alkotásával komoly játékot folytatni?

Az a feltaláló, aki gépeket alkot, amelyekkel játékot is folytathat, bizonyos határokon belül teremtést végzett, bármilyen volt is az általa létrehozott játékszerkezetek jellege. Ez kiváltképpen a játékautomatúk esetére igaz, amelyek a saját tapasztalatuk útján tanulnak. Ilyen gépek léteznek.

A múlt századokban elítélték a boszorkányságot. Ma ez sok esetben a kibernetikára áll. Aligha tévedek, ha azt állítom, hogy még körülbelül két évszázaddal ezelőtt is egy tudóst, aki olyan gépeket próbált alkotni, amelyek játékra vagy önreprodukálásra alkalmasak, szanbenitóba (az inkvizíció áldozatainak zsákszerű köpönyegébe) öltöztettek és tűzzel-vassal elpusztítottak volna.

Meghökkentő gondolatmenet!

Azt a mindenki számára ismert közhelyet, hogy az ember nem rab, hanem alkotó, *Wiener* a kibernetika bizonyítékainak és a kibernetikának az önreprodukáló gépekre, tanuló gépekre, s az embernek a géphez való viszonyára vonatkozó bizonyítékai, és vitathatatlan tételei segítségével tárta fel.

Itt meg kell jegyezni azt, hogy számomra az ilyenféle megközelítésre nem volt teljes kinyilatkoztatás. A kibernetika szemszögéből a vallásról első ízben *L. Tyeplov* (*a Kibernetikai jegyzetek* című könyv szerzője) *A magasfokú értelem* című cikkében olvastam. A cikk 1963 márciusában jelent meg, még *Wiener* könyvének az USA-ban való kiadása előtt. *Tyeplov* nem ismerte *Wiener* előadásait, amelyek alapul szolgáltak az *Isten és Gólem*

megírásához, és így a szovjet szerzõ önállóan vetette fel ezt a fontos problémát. *Tyeplov* már 1960-ban tanulmányozta a teológiai irodalmat, s már akkor megpróbálta a kibernetika szemszögéből vizsgálni a vallási dogmákat.

A vallást az információelmélet szemszögéből vizsgálva arra a megállapításra jut, hogy *Isten egy jelektõl fũggetlen és önmagában létezõ információ*. Információ azonban, a maga természeténél fogva, a semmiből nem keletkezhet, és önmagában nem létezhet. Jel válthatja ki. És ha nincs jel, akkor nincs információ. Tehát lehetetlen kategória.

E bizonyítás nagyon jól egészíti ki *Wienernél* Isten kibernetikai tagadását. Pontos logikai sémái a következõk.

tudás — hírközlés — tanuló gépek,
hatalom — irányítás — önreprodukáló gépek,
kultusz — értékelés — ember és gép együttmũködése.

Ehhez még a következõ járul:

Isten — jel — információ.

A tudomány szépsége és ereje rejlik e száraz sorokban.

A háború és a kibernetika

Ismerik-e e szörnyũ számokat?

Az utóbbi 5 ezer év alatt az emberiség 292 esztendõt élt békében. A fennmaradt idõ 14 513 kisebb-nagyobb háborúra ment el. A háborúk 3 milliárd 640 millió emberéletet követeltek. A hadikiadások és veszteségek 2150 trillió svájci frankot tettek ki. Színaranyban ez egy 10 méter vastag és 161 kilométer széles szalag lenne a Föld egyenlítõje körül, amit vértenger öntõz.

Napjaikban a háborúk többe kerülnek. Atom- és hidrogénbombákkal egyszerre több embert lehet elpusztítani, mint a múlt összes háborúja alatt. Milliárdokat és milliárdokat fektetnek a hadiiparba. Emberi és gépi munkaórák millióit emészti

fel az a fenketlen hordó, amelybe értéket és drágaságot hajítanak bele.

A háborúnak dolgozik és ma fegyverben áll 50 millió ember.

Az egész világon az évi hadikiadások több mint 120 milliárd dollár összeget tesznek ki. E pénzen 10 millió család számára lehetne lakást építeni, s 25 ezer elsőosztályú kórházat 4 millió férőhellyel.

Mit tehet itt a kibernetika?

Semmi esetre sem csupán azt, hogy ezt az összes számítást a számítógépeken elvégezték. Hanem azt, hogy a kibernetika maga is hadifegyverré változott.

Irányítható légvédelmi rakétát számítógép bocsát a cél irányába. Éppenséggel az irányítja a pilóta nélküli felderítő repülőgép műveleteit is. Úgyszintén az elektronikus számítógép koordinálja a légvédelem összes aktív eszközét — a célkereséstől a cél megsemmisítéséig. Egy frontvonal egész tüzérsége vezérelhető vele.

Az elektronikus agy kivonul a harcmezőre, a seregek irányítására. Értékeli az ellenfelet, előre kiszámítja az ellenség erőit és saját hadseregének lehetőségeit, megtervezi a hadműveletet. A harc dinamikus: minden percben minden változik mind az ellenfélnél, mind a saját seregeknél. A gép mindent rendszerez, kiszámít, átcsoportosít, lehetőséget ad a parancsoknak, hogy pontos, helyes döntést hozzon.

A háború a kibernetika szempontjából nem más, mint matematikai probléma, ahol igen sok a változó tényező. A kibernetika ajándékozta meg a háborút a játék-és taktikaelmélettel, amely leírja a hadicselekmények menetét, s megoldja a hadműveleti és harcászati feladatokat, sőt a stratégiai feladatokat is.

Még egy speciális *matematikai háború-elmélet* jelent meg. A matematikai absztrakciókat az imperialista stratégák konkrét tartalommal töltik meg, kiszámítva a megelőző csapások s egész országok és népek megsemmisítésének kiviteléhez szükséges időt. Az egyik legősibb és leggyümölcsözőbb tudományt — a matematikát — és egy fiatal tudományt — a kibernetikát — embertelen célok szolgálatába állítják.

Wiener és az America

Egy napon, átnézve az *America* című folyóiratot, beleütköztem *Norbert Wiener* professzor *Az ember rabja marad-e a gép?* című cikébe. Amikor olvastam, olyan érzésem volt, hogy nem első ízben olvasom ezt. Egy kis lábjegyzet, miszerint a *Science* folyóirat hozzájárulásával fordították le, emlékeztetett arra, hol láttam e cikket korábban.

Wiener 1957. december 27-én Chicagóban szerepelt a tudomány fejlesztésére alakult Amerikai Együttműködési Társaságban az emberi társadalom jólétének javítását szolgáló egyik bizottság előtt azzal az előadásával, amit átdolgozott formában a *Science* 1960. május 6-án közölt (3410. sz. példány, 1355—1358. oldal) *Az automatizálás egyes erkölcsi és technikai következményei* cím alatt.

Az *America* biztosítja szovjet olvasóit: „Minden egyes nézőpont eljut az olvasóhoz, és a lap az olvasó figyelméért vívott harcban minden lényeges és vitatható tényt közöl."

Nem kételkedtem, s átlapoztam a folyóirat összes számait, kezdve azzal, ahol — szerintem — az első cikket is kinyomtatták *Wienerről* és a kibernetikáról. Kijelenthetem, hogy az *America* és a *Science* folyóiratokban levő cikkek nemcsak címükben tértek el egymástól. Az *Americában* egy nagy részt kihagytak a cikkből, amelyben *Wiener* teljesen elutasítóan nyilatkozik a kibernetikai gépek hadicélokra való elhasználásával kapcsolatosan.

Véletlen-e az ilyen lerövidítés?

Maga *Johnson* elnök jelentette ki akkor, hogy az USA-ban évről évre 2 millió munkás munkáját veszik át a gépek. Tehát minden héten 40 ezer ember, akinek a kezét és agyát automaták pótolják, teszi fel önmagának a kérdést: hogyan tovább?

Wiener, miután megteremtette a kibernetikát, eltűnődött a problémán: mi legyen az automatákkal, ezekkel az emberfaló ördögökkel? Azt írta: „Közülünk azok, akik az új tudomány — a kibernetika — kifejlesztésében részt vettek, enyhén szólva, erkölcsileg kellemetlen helyzetben vannak. Mi létrehoztunk egy tudományt, amelybe egyaránt belekerültek jót és rosszat szülő technikai előfeltételek."

Nagyon nyugtalan volt amiatt, hogy az emberi munkának gépekkel való váratlan, semmivel sem kompenzálható kiszorítása menthetetlenül katasztrofális munkanélküliséget vált ki.

A tudós, mint mondják, minden harangot megkondított. Ragaszkodott az amerikai szakszervezeti vezetőkkel való találkozáshoz, hogy figyelmeztesse őket az automatizálás szociális következményeire.

Az *America* nem hallgatta el az automatizálás szociális és gazdasági következményeit. De az olvasónak csak a virágot, nem pedig a gyökeret mutatja meg. Ezért mindannyian tudjuk, mire gondol *Romy J. Seals*, a Lockheed cég kaliforniai üzemének 30 éves technikusa, akit a munkájától fosztottak meg: Kiszorították a gépek, de nem csügged. És keveset tudunk meg *Wiener* nyugtalanságáról és aggályairól.

Seals, ha lehet hinni az *Americának* (*G. Georges Harris* cikkére támaszkodom), egy a 40 ezer közül, aki hetenként elveszti munkáját az automatizálás miatt. De érdemes volt fejét a tanulásnak adni, mert három hét múlva új munkát talált.

Az újságíró, aki ily egyszerűen vonja el a folyóirat oldalairól a problémá élét, azt írja:

„A cikkek és könyvek többsége csupán a gyámoltalan áldozatokról beszél a kibernetikával kapcsolatban, akiket a gépi termelés kiszorított. De azért, teljesen érthető okokból úgy látszik, idővel mindannyiunkra a munkanélkülivé válás sorsa vár. (Egyébként *Seals* is ugyanezt jegyzi meg: Most nem szabad ásítoznunk, különben a vízben találjuk magunkat.) E gondolat nyomasztóan hat ránk..., de az effajta félelem nem egyéb, mint agyrém, amit bármelyik hozzáértő közgazdász könnyedén széttör."

Wiener, Harris állításaival ellentétben, az automatizálás szülte munkanélküliséget egyáltalán nem tartotta agyrémnek. Mindenki füle hallatára jelentette ki: „Teljesen nyilvánvaló, hogy az automata gépnek elterjedése munkanélküliséget idéz elő, amihez viszonyítva a 30-as évek akkori termelésvisszaesése, sőt a válság is, kellemes tréfának tűnik."

Az *America* kitér az éles fogalmazás elől. Ezért is hagyta ki

Wiener a cikkéből a háborúról szóló részt. Az a rész pedig eléggé lényeges.

Nem biztos, hogy egy *gombnyomásos háborúban* gombnyomásos programozásra szolgáló tanuló gépeket alkalmaznak majd. Valószínűbb azon területnek a vizsgálata, amelyben már használják a nem tanuló automatákat. Itt teljesen kizárt egy valóságos háború tényleges kísérlete alapján a tanuló gépek programozása. Ha már lenne hasonló kísérlet a feltétlen programozásra, nem lenne kizárt az emberiség eltörlése a Föld színéről.

Sőt, mi több, a gombnyomásos háború módszereinek megvan a gyors változásokra hajlamos tendenciája, úgyhogy egy kísérlet programozásához a tanulást gyökeres módon kellene megváltoztatni. Ezért egy tanuló gép programozását effajta célok érdekében valami hadijátékhoz hasonlóra kellene alapozni, ugyanúgy például, ahogy napjainkban oktatják a parancsnokok és törzskari munkatársak a hadijátékokban a katonai stratégia művészetét. De ha az elvek, amelyek győzelemre vezetnek, a hadijátékban nem esnek egybe a mi valóságos elvárásainkkal az ország érdekében, a gép azt a stratégiát választja ki mielőbb, ami névleges pontszerű győzelemhez vezet. Ezért a pontszerű győzelemért túl drága árat kell fizetni, még a nemzeti fennmaradás árát is.

Wiener számára ez nem volt elhanyagolható szempont, sőt nagyon is fontos. A háború témáit a tudós nemegyszer érintette. A *Kibernetika* második kiadásának 9. fejezetében a *Tanuló és önreprodukáló gépekről* így ír: „Most a legnagyobb veszély a harmadik világháború. Figyelmet érdemel a kérdés, hogy e veszély egy része milyen mértékben gyökerezhet az öntanuló gépek meggondolatlan alkalmazásában. „A tudós félreérthetetlenül kijelenti: „Egy hiba e tekintetben csak a gyors, a teljes és végleges pusztulást jelentheti."

Mit mondhatunk ezután? A nagy tudós riadót fúj, az *America* című folyóirat pedig a kinyomtatott cikkből elhagyja nyugtalanító gondolatait.

Wiener közismert antimilitarista: „Különösen boldog va-

gyok, hogy az atombomba elkészítésével kapcsolatban semmiféle felelősséget nem viselek" Megtagadta annak idején a részvételt azon a tanácskozáson, amelyet a *Pentagon* a *Harvard egyetemen* szervezett, hogy katonai problémák megoldásába vonja be a tudósokat. Azt tartja, hogy a tudósok részvétele egy fegyverkezési hajszában erkölcstelen, s hogy ez sajátos rabságra kárhoztatja őket.

Nehéz Wienert olyan tudósnak elképzelni, akinek számára csak a tudomány létezik (ahogy ezt az *America* című lap próbálja feltüntetni), s abban is csupán a kibernetika. „Nem osztom azt a véleményt, hogy a tudomány emberének elefántcsonttoronyba kell elzárkóznia — írta Wiener — , s az intellektus kivételes életét kell élnie, és közömbösnek kell lennie az iránt az alkalmazás iránt, amit eszméi nyerhetnek. Ellenkezőleg, közvetlen hatást kell kifejtenie a tőle elidegenedett eredményekre, és nem köteles más emberek eszméi által táplált egyszerű eszközzé válni, olyanokévá, akik nem láthatják meg azokat a lehetőségeket, amiket ő lát, és akik egyszerűen érdekeltek saját kódjaikkal egyezően a közvetlen eredményekben. Egy tudós nem érhet el személyes és korlátlan gondolatszabadságot azon erkölcsi felelősségérzet elvesztése árán, ami az értékét adja e szabadságnak."

Ezért mondta, hogy a tudósok nem lehetnek hamis pénzverők, s nincs jogukban hazudozni a népnek, és még inkább nem csaphatják be önmagukat.

Napjainkban nemcsak az elvtelen politikusok foglalkozhatnak csalással. Félrevezet a genetikatudós is, ha a „*tudományos fajelmélet*" alapjait építgeti. Megtéveszt a mikrobiológus is, aki egy baktériumháború eszközeit kutatja, a kémikus, aki vegyiháborúhoz ténykedik az agresszorok javára, s a fizikus is, ha tömegpusztító fegyvereket dolgoz ki az imperialisták számára.

Ha egy tudós felfedezése az ördögöknek, nem pedig az angyaloknak kedvez, az a tudós az emberiség ellen van. *Wiener* ellene volt azoknak a tudósoknak, akik az ördög számára végeztek munkát. Önmagáról humanista tudósként, s a haladó nézetek emberként nyilatkozott. Ellene volt azoknak, akik a kibernetikát

is egy modern szociálalkímiává szeretnék átformálni, ahogy ezt az *Americában* is megkísérelték.

Információrobbanás

Miért robbanás? Azért, mert az emberiséget információözön árasztotta el.

Mindegyikünk önmagán érzi, mennyire nehéz olyan világban élni, amit színültig kitölt az információ. A napilapok 314 300 000 példányban jelennek meg, 436 000 000 rádióvevő, 142 272 000 tv-készülék és 250 000 filmszínház van, a reklámok, a hirdetések, a plakátok és a röplapok milliói ontják az emberre az információ kiszámíthatatlan áradatát.

— Kortársunk a mai, *atomon túli* század közepén lényegesen tömörebben és nagyobb kapacitással él, mint ahogy a klasszikusok kortársai éltek. Naponként az agyunk egy és ugyanazon négyzetnyi területére, és időnkre mérhetetlenül nagyobb mennyiségű benyomás nehezedik, szinte az idegi befogadóképességünk határáig... — *Leonyid Leonov* e szavait mindenki aláírja.

A tudósok kiszámították, hogy a könyvek, a folyóiratok, a brosúrák és a levonatok átlagos száma a világ könyvtáraiban 750 és 770 milliós határok között van. Ha úgy vesszük, hogy minden könyv 100 ezer ötbetűs szót tartalmaz, akkor az átlagos információkészlet könyvenként 6 millió bit. Az információkészlet, amit egy ember összegyűjt $4{,}6 \cdot 10^{14}$ vagy $4{,}6 \cdot 10^{15}$ bit.

Ismeretes az emberi agy információelsajátító képessége is: 0,2—1 bitig terjed másodpercenként. Csupán az új tudományos információk, technikai ismeretek információáradata pedig már ma 3—20 bitet tesz ki másodpercenként. Még az a kivételes ember is, aki teljes napokon át alvás és pihenés nélkül olvassa az új kiadványokat, sem tud lépést tartani a modern tudomány összes eseményével.

Megdöbbentő számok! Azonban még ezek sem adnak teljes képet e robbanás hatalmas méreteiről. A dolog sokkalta komolyabb.

A Föld lakossága 45 év alatt megkétszereződik. A tudósok

száma minden 15 évben a kétszeresére nő. A tudományos-technikai információ minden 10 évben megduplázódik. Ezért. ha idővel a Föld egész lakossága tudóssá válna is, mégis eljönne egy olyan pillanat, amikor a tudomány új eredményeivel összefüggő információt teljes egészében nem tudnák magukévá tenni, a korábban felgyülemlett tapasztalatról már nem is beszélve. A különböző könyvek száma pedig nagymértékben túlhaladja a lehetséges olvasói számot. Egyes adatok szerint 2000-re (1950-hez viszonyítva) az emberiség ismeretanyaga megkétszereződik, a tudományos információ terjedelme pedig, amelyben a tudósnak majd kutatásokat kell végeznie, 30-szorosára növekszik!

Ez egy holnapba vetett pillantás. És a ma? Ma a világ különböző országaiban, csupán a tudományos kérdésekkel kapcsolatosan, több mint 200 ezer folyóirat jelenik meg, amelyekben a cikkek millióit publikálják. A világ szabadalmi alapja 200 millió találmány és felfedezés leírását tartalmazza. Tegyék hozzá ehhez még az évi 350 ezer szabadalomról, a létező összes konferenciáról, kongresszusról, szimpozionról, kollokviumról szóló beszámolók sokaságát.

Vegyük például a kémiát. Csupán e tudományban a kutatási eredményeket több mint 6 ezer folyóiratban, több tucat nyelven publikálják. Ezenkívl valamennyi országban évente 15—20 ezer szabadalmat adnak ki. A publikációk átlagos száma pedig évenként 150 ezret tesz ki! És e lavina szüntelenül növekedik. Csupán egyedül a 20 év alatt 1926-tól 1946-ig kiadott, a cinknek szentelt tudományos munkák száma háromszor több, mint amennyi a megelőző 200 év alatt volt. Kiszámították, hogy egy kémikus egy hétre 40 órát véve, egy esztendő alatt nem olvasná el egy tizedét sem annak az összes munkának, amit az idő alatt publikáltak... Egy tudós számára gyakran előnyösebb ismételten elvégezni egy kísérletet, mint adatokat lelni vele kapcsolatban az azóta megjelent irodalomóceánban. Ha pedig erre kísérletet tesz, akkor hasonlít az olyan emberre, aki a szénakazalban keresi a tűt.

Egy speciális berendezés kidolgozásával 5 évig fáradoztak az

USA-ban; 200 ezer dollárt fordítottak rá. Hamarosan kiderült azonban, hogy a Szovjetunióban egy pontosan ugyanolyan berendezés már régen elkészült.

Előfordult az ellenkezője is. Az amerikai sajtóban 1953-ban megjelent egy közlemény a gépkocsiabroncsokhoz való cserélhető futófelület feltalálásáról. A Szovjetunióban ezt az információt csak 6 év múltán fordították le. Elképzelhető, mennyibe került e közlemény lefordításának a késése!

Felfigyeltek-e ilyen részletekre? Azelőtt a publikációkról így beszéltek: tájékoztatók, adatok, tények, hírek, közlemények, eredmények, jelentések stb. Ma mindez egyetlen szóvá egyesül: *információ*. Ez a szó bővebb befogadóképességű; minden megnevezhető általa a jeltől kezdve a könyvig. Új problémát is jelölhetünk vele, az ismeretáradat szabályozásának szükségességét.

A moszkvai utcák egyikében, nem messze a *Szokol* metróállomástól, a posta naponta csaknem 100 országból, 50 nyelven, 200-nál több könyvet és folyóiratot kézbesít. Ugyanide érkeznek az ország összes tudományos és műszaki kiadóinak rendszeres és rendkívüli kiadványai, 450 külföldi akadémia, tudományos társulat és közösség küldi el a kiadványait. Csomagok érkeznek ide a British Museumtól, a Sorbonne-tól, az USA Kongresszustól és vagy 20 külföldi könyvtártól.

Azért, hogy ezt az irodalmat hozzáférhetővé tegyék, a szovjet olvasó számára az Össz-szövetségi Tudományos és Információs Intézet több mint 100 munkatársa dolgozik. Nekik még több mint 20 ezer fordító és magas képesítésű szakember: mérnökök, akadémikusok, a tudományok doktorai és kandidátusai segítenek, akik összeállítják a referátumokat. Csupán egyetlen év alatt körülbelül 200 ezer forrásmunkát dolgoznak fel a világ 117 országából 65-féle nyelven. Mindez a referáló folyóiratokba kerül, amelyekhez körülbelül egymillió cikket dolgoznak fel a könyvekből és a folyóiratokból.

Olyan ez: *fogd és használd fel*! Ám a 25 ezer nyomtatott ívben, 1000 tömzsi könyvkötetben próbáljanak csak meg eligazodni! Pedig el kell igazodni!

A jelenkori tudomány bármely ágazatának a fejlesztése elképzelhetetlen a felgyülemlett ismeretek figyelembevétele, s a legújabb eredmények felnasználásn nélkül. Ezek az ismeretek a társadalom kincsei: a *társadalom memóriája*. Az információcsere az a cement, ami szilárddá teszi a társadalmat.

Az információ problémakörének valódi méretei hatalmasak. Számtalan aspektusa van. Az egyik (és igen fontos) aspektus: a nagymértékű specializálódás miatt nehézzé vált kapcsolat a tudósok között.

„Az ember, aki egyre jobban és jobban ismer egy egyre szűkebb és szűkebb területet, végül is mindent tud majd ... a semmiről" — írta *Bernard Shaw*. — Még egy *szűk körű* szakembernek is a legkülönfélébb című publikációk hatalmas mennyiségét kell átvizsgálnia. Például az aerosolokkal összefüggő cikkeket sok folyóiratban megtaláljuk: fizikai, kémiai, orvosi, meteorológiai, műszaki folyóiratokban. E helyzet bonyolultabbá válik a külföldi kiadványokban levő szakirodalom tanulmányozásának szükségességével.

A statisztikai adatok szerint az amerikai vegyészek 1962-ben a tudományos munkaidejük 33,4%-át fordították átlagosan a kellő irodalom keresésére. Mennyire megnőtt azonban e szám az utóbbi években! *Gyorsan és sokat olvasni*: ez korunk egyik újabb jelszava. De vigasztalan képet kapunk: a tudósnak azért kell élnie, hogy csupán olvasson, s nem pedig azért, hogy alkosson. Természetesen mindezt elolvasni nem is képes. Hogy is tudná, hiszen az időszaki kiadványok száma is hatványszerűen növekedik. Ma több mint 100 ezer van belőlük, 2000-re pedig egymillió lesz. A senki által el nem olvasott folyóiratheggyek késztettek egy speciális terminológia, a hulladéktényezó bevezetésére, ami a tudományos- műszaki folyóiratok olvasottságát jellemzi. Előzetes számítások szerint e tényezó a világon 1960-ban kiadott 45 ezer időszaki műszaki kiadványra vonatkozóan 85%-kal volt egyenlő. Mekkora lehet manapság!

Következetesképpen a publikációk hagyományos formái nem nem felelnek meg a kor követelményeinek. Azon kívül, hogy az

olvasó figyelme és érdeklődése szétforgácsolódik a sok folyóirat között, más természetű nehézségek is vannak. Legfőképpen a cikkterjedelem rövidülésével járó tudományos információveszteség, továbbá a publikált anyag elöregedése és a hozzáférhetősége közti szakadék. A tudósok többsége erről vagy arról a munkáról annak létrejötte után 1,5—2 évvel szerez tudomást.

Miért? Sok oka van. A fontosak egyike az információ frissességének elvesztése. A napilap a kibocsátás napján már egy napot késik, a folyóirat egy hónapot, a könyv pedig egy évet.

Még mást is meg kell említenünk. Eltekintve a folyóiratok számának növekedésétől, a szerzők mennyisége még gyorsabban nő. Ebből ered az, hogy a szerzői kínálat az olvasói keresletét elkerülhetetlenül túlhaladja. Innen ered a szerzői kínálat elkerülhetetlen mechanikus lerövidítése, miután a kiadók nem képesek megbirkózni velük.

Nem kevésbé fontos az információtárolás problémája sem. A Lenin Könyvtár könyvespolcainak hossza jelenleg 300 kilométer. Ehhez tegyenek még hozzá évente 15 kilométert.

Hol van hát a kiút?

Wiener a *Kibernetika és társadálom* című munkájában azt írta, hogy a római birodalom a részei közötti kapcsolatrendszerek elmaradottsága miatt pusztult el. A 20. század kezdetére a rádiókapcsolat segített az emberiségnek a távközlőcsatornák szűk zsákutcájából kijutni. A számítógépek pedig az embereket az információáradatok feldolgozásában jelentkező elmaradottság zsákutcájából vezetik ki.

Az információ gyűjtése, feldolgozása, vizsgálata, közvetítése rendkívül nehéz, fontos, komplex probléma. Nem csoda, hogy napjainkban az információ iparosításáról kezdtek el beszélni, s megszületett egy új terminológia is, az *informatika*.

Az informatika — e nemrég még majd mindenki számára kódös és tisztázatlan fogalom — teli torokból nyilatkozott önmagáról. Az tudományos terület, mely a legkülönbözőbb tudományos-technikai tájékoztatók rögzítésének, feldolgozásának, tá-

rolásának és kutatásának módozatait tanulmányozza, a mi időnkben óriási jelentőségre tesz szert.

Megpróbáljuk — ha csak vázlatosan is — bemutatni a probléma fontossági összefüggését a megoldáshoz vezető szervezéstechnikai és gazdasági eljárásokkal együtt.

Mindenki megérti, hogy az információ, bár nem *anyagi*, nem kézzel fogható, első helyre került az árutermelésben, maga mögött hagyva az olyan alapvető, *érzékelhető* komponenseket, mint az anyag és az energia. A szakemberek még a függőséget is kiszámították e komponensek és a nemzeti jövedelem (a nemzeti termék) maximálisan gyors növekedése között.

Ha az anyagmennyiség, amit termelésbe fogtak, lassabban növekedhet, mint ahogy a jövedelem nő, akkor az energiamennyiségnek kissé gyorsabban kell nőnie. A feldolgozandó és felhasználandó információ mennyiségének lényegesen gyorsabban kell növekednie a nemzeti jövedelemnél. Az összefüggések ilyenek: 2—4, 3—9, 4—16%, vagyis a nemzeti jövedelemhez viszonyítva az információ mértékének négyzetesen vagy még nagyobb mértékben kell növekednie.

A. I. Berg akadémikus hangsúlyozza, hogy az információ gazdaságpolitikai problémává, állami fontosságú problémává válik.

Gondolom, az ismeretek óceánja, amelyben egyre nehezebb felfedezésre lelni, a közeljövőben arra késztet majd, hogy az információtermelést és -feldolgozást összállami méretekben tervezzék. Ahogy ma számunkra megszokottak a tervekben előirányzott acéltonnák és kilowattórák, úgy holnap nem fog csodálkozást kiváltani a bitekben tervezett információ sem.

Az információrobbanás új ismeretágazatot hívott életre, amit a kibernetika hozott napvilágra: a dokumentalisztikát, amely a munkajogi és műszaki kérdéseket foglalja magában a dokumentumok összes formáival. Igen széles körű: tudományos-technikai információ, levéltártan, könyvtártan, szabadalmi munka, múzeumi munka, az ügykezelés minden válfaja, s ehhez hasonlók.

Egy dokumentátornak révkalauznak kell lennie a valóban

parttalan információóceánban. A fő feladat: információról információra egyszerűsíteni, úgy összeállítani a dolgot, hogy irodalmi szépségből valósággá alakuljanak át, például *tudósokká, akik mindent tudnak.*

A Szovjetunióban készülőben van a számítóközpontok egységes központosított állami hálózata. E hálózat csatornáin halad az információ, amely a hatékony tervezéshez és az ország népgazdaságának irányításához szükséges. Megteremtődik a tudományos-technikai információ hasonló állami rendszere, amely magában foglal 10 össz-szövetségi, több mint 160 ágazati, köztársasági, területi intézetet és központot, és kb. 10 ezer osztályt és hivatalt a vállalatoknál. Azok tájékoztató-információs alapja körülbelül egymilliárd anyagot tartalmaz a tudomány és a technika eredményeiről. Információszolgálattal kis híján 150 ezer ember foglalkozik a Szovjetunióban. Erőfeszítéseik révén a tudományos eredmények óriási sávjait világítják meg az „*információs röntgen*" útján, mindaz ami a legfőbb, ami a legfontosabb, ami a gyakorlat javára válik.

Az állami tudományos-technikai információs rendszer világítótorony-hálózathoz hasonlít, amely az ismeretek beláthatatlan óceánjának partján áll. Most ezt hozzákapcsoljuk az irányítás automatizált állami rendszeréhez, e termelés navigátorához.

Ezek együtt teszik lehetővé, hogy szocialista népgazdaságunk hajóját pontos irányba vigyük.

Megoldódik az NTTIK — a Nemzetközi Tudományos-Technikai Információs Központ — létrehozásának problémája. E rendszer nemzetközi kollektívája a szocialista közösség országait fogja szolgálni. A központ alapját a nemzeti információs rendszerek és mezőgazdasági, a tudományos és a technikai alrendszerek teszik majd ki.

Az informatika új ágazat. Ezért technikai problémáinak megoldásához a legperspektivikusabb eszközöket vonják be. Segít ebben a mikrofilmezési technika.

Vékony, a hajszálnál nem vastagabb elektronikus sugár írja ki a műanyag lemezen a szöveg mikrorajzát. Egy ilyen 35×60

cm-es kártyán egy könyv tartalma elhelyezhető. Például a Nagy Szovjet Enciklopédia mikrokártyákon való elhelyezéséhez csupán 3 méteres szalagra van szükség. A szöveg reprodukálásához ugyanaz az elektronsugár használatos, amely egy nagy képernyőn kiírja a felnagyított szöveget is.

A kártyafelvételek mikroméretei mellett azok száma is impozáns lesz: a szükséges felvételeket milliók közül kell kiválogatni.

E célra elektronikus *szortírozót* eszeltek ki, amely automatikusan kiválogatja azokat a szükséges *képeket*, amelyek nyomdai munkát igényelnek. A berendezés percenként 600 mikrokártyát olvasott le, azóta mind gyorsabban és gyorsabban olvas. Feltételezik, hogy rövidesen percenkénti 100 ezer mikrokártya feldolgozásáig jut majd el.

E munkák, ha a valóságot tükrözik is, mégis valószerűtlennek tűnnek. A hitetlenkedő lelkesedés érzetével fogadhatók az univerzális információs gépek tervrajzai.

A szakemberek ultrakapacitású memória alakjában képzelik el azokat, sajátos *elektronikus könyvnek*, melynek lapjai ultrafinom szalagokból, *mikromodulokból és mikroplasztokból* állnak össze. Vannak már az emberi hajnál két és fél ezerszerte vékonyabb szalagok! A molekuláris elektronika e képviselői teszik lehetővé a negyedére hajtott újság nagyságú és a még kisebb elektronikus gépek megteremtését.

Az adatok hierarchikus elv alapján cserélődnek benne: a *ház*, a *házban emelet*, az *emeleten folyosók*, *szobák*, *szekrények*, a *szekrényekben polcok*, rajtuk *dossziék*. Minden egyes adat megkapja a maga címét. Ez a *ház*, *emelet*, *folyosó* számából áll... Egy ilyen *könyv* blokkjait napról napra, évről évre ki lehet egészíteni, értékes információt gyűjtve össze, egész könyvtárakat tömörítve. Ahhoz, hogy a könyvtárból az elavult vagy téves adatokat eltávolítsák, nem kell a blokkokat kivenni, elég a hozzájuk vezető elektromos láncokat kiiktatni.

Ahhoz hasonlóan, ahogy ma az automatikus telefonközpontok előfizetői hívhatók a számuk tárcsázásával, úgy egy elektro-

nikus könyvtárban is le tudjuk majd hívni az információt egy általános leolvasó berendezés segítségével.

Más megoldáson is gondolkodnak. Elvileg lehetséges parányi áramkörben (a gombostűfejnél nem nagyobban!) elhelyezni a Brit Enciklopédia 24 kötetnyi terjedelmének megfelelő szöveget. A szükséges információt koordináta-módszerrel kezdenék kikeresni, és elektronmikroszkóp segítségével olvasnák le. Akkor az összes információt, amit a világ valamennyi könyve tartalmaz, egy notesznyi terjedelembe lehetne *befoglalni*.

A mindent átható lézer is eljut az információs rendszerek tervezőihez. Bíznak abban, hogy segítségükkel fényhullám méretű jelek lesznek leírhatók és leolvashatók.

Ilyenfajta hatékony eszközöknek a rendszerbe való bevitelével a tudósok teljes és gyors információellátást kapnak majd. A tudomány kezd rendelkezni egy nagy katalizátorral önmaga fejlesztéséhez. Nemcsak a tudományban, hanem mindenütt lehető lesz, a *Conan Doyle-i Maracot-hoz* hasonlóan, a feldolgozott és szintetizált információ- és adatsorokhoz hozzájutni.

Bármennyire is paradox, az információs robbanás miatt tudományos robbanás következik. Egy más távlatú *robbanás*. Nyilván elvileg változik meg a tudományos munkamódszer. Mosolyogva fognak emlékezni *Shaw*-nak a szakemberről mondott szavaira. Azért, mert a szakember, a tudós olyan ember lesz, aki képes bármely percben mindenről mindent tudni majd. Ez ad számára lehetőséget arra, hogy állandóan új eszmék világában, s a kutatások atmoszférájában éljen.

Az emberek és az előrelátás

„Szeretnék tudni, milyen ruhákat fognak viselni a nők 1987-ben? A modellek vonalának alapja az empire stílus. Olyan ruhák lesznek, amelyek elöl felkapottak, és a berakások a régi görögös ruhaformához térnek vissza. A nappali ruhák hossza messze meghaladja az estélyiekét...“

Ilyen jóslatot bocsátott ki az amerikai UNIVAC számítógép. Nem tudom, hogy tréfából vagy komolyan készteték-e a prognózis megadására. Ha tévedett is, az emberiség nem fog miatta szenvedni. Vannak azonban olyan problémák, ahol veszélyes dolog a prognózisokban tévedni. Vegyük például bolygónk népeségének a kérdését. Micsoda viták folynak e kérdés körüll A lehetséges feltételezések közül hogyan tudható meg, hogy melyik pontos?

Azelőtt egyszerűen jósoltak. Egyszerűen — mondom a ma szemszögéből, korunk tudományának pozíciójából. Akkor azonban az az „egyszerű" sem volt oly egyszerű.

Múlt és jelen jövővé alakult át. Természetesen nem merev formában, nem megállapodottan, hanem a fejlődés és a mozgás közepette. Az éles emberi elme kirajzolta a jövő körvonalait. A sikeres előrelátások sok példáját ismerjük. Ezek azonban csak az egyes elmék felvillanásai voltak, melyek zsenialitásukkal világították be a jövőt.

Régebben sem ismerték a múlt eseményeitől a jövőbeliekhez való áttérés módozatait. *Laplace A valószínűségelmélet filozófiai tapasztalatai* című művében annak idején a fölényesség bizonyos árnyalatával írt arról, ahogy *Buffon Politikai aritmetikájában* a valószínűséget számítja. „Mekkora a valószínűsége annak, hogy holnap a Nap feljön, ha már 1 826 214-szer feljött? Buffon azt tételezi fel, hogy az csupán azzal a számmal különbözik az egytől, aminek a számlálója egy, a nevezője a kettő, és ami az azóta eltelt napok számával egyenlő hatványra emelkedett. Ámde a múlt eseményeitől az okok és a jövőbeli események valószínűségéhez való áttérés hatékony módját e neves író nem ismerte."

A komoly előrelátás elsősorban tudományos elveken alapul. Bár nyilvánvaló, hogy a tudományos elveknek is megvannak a maguk korlátaik. Ezért bármelyik előrelátásban létezik egy nem abszolút, hanem csupán bizonyos pontosságú elem.

Így értelmezi mindezt a nagy tudomány, s az élettapasztalat azt sugallja, hogy ez így is van. Csupán általános vonásaiban mond-

juk meg előre azt az irányt, amerre a fejlődés halad. Még oly szerencsés helyzetekben is, amikor nagy nehézség árán, véleményünk szerint, *pontos számokat* érünk el.

A kibernetika ama képességével, hogy az automatikus rendszerekben modellezheti az emberi szellem képességeit, az emberi gondolkodás egyik legfontosabb tulajdonsága iránt mutatott érdeklődést: azaz az előrelátás, a jóslás iránt. Nemcsak érdeklődött, de sok mechanizmusát meg is magyarázta.

Sajnos, a különböző helyzetek, amelyek a kibernetikai szemszögből vett előrelátásokat feltárják, a kibernetikusok számtalan művében szétszórtan jelentkeznek. Sok olyan tudós munkájában, akik általában a jövő, s részben az emberiség jövője miatt nyugtalankodnak. Nincs azonban közvetlen látomást teremtő módszerük, csupán maguk az előrelátások léteznek. Igaz, kellő tudás esetén érthető a módszer, aminek segítségével ezt vagy azt a prognózist készítették.

A forrásmunkák sokaságának vizsgálata után arra következtetésre jutottam, hogy a kibernetikus előrelátásról a leglogikusabban és legegybehangzóbban az ukrán tudósok *A. G. Ivahnyenko — V. G. Lapa* szóltak a *Kibernetikai jósló berendezések* című munkájukban. Különböző algoritmusokat elektronikus számítógépekkel fejtettek ki. Ezért a könyv háromnegyed részben képletekből, egyenletekből, táblázatokból és grafikonokból áll.

Sajnos, e jóslásról szóló művet csak szakemberek tudják olvasni. E témában nagy szükség lenne olyan könyvre, amely mindenki számára szól. Természetesen nem azért, hogy — az egyik újévi elbeszélés pénzherdáló angol lordjához hasonlóan — utolsó pénzükért vett újságban olvashassuk a nyerőknek fizetendő összegről és azoknak a lovaknak a sorrendjéről szóló tudósítást, amelyek holnap győzhetnek. Az emberek a jövőről nem azért akarnak tudni, hogy a lóversenyirodák kasszáját kiüríthessék a lóversenyek alkalmával. A cél több ennél, az emberi sorsok, az országok, a népek drágák az ember számára.

Térjünk vissza az érintett problémához.

A *valós életet* három részre lehet *felbontani*: egy determinált-

ra, amit ismert okok váltanak ki, s pontos számításnak vethető alá; egy valószínűre, amikor egy folyamat hosszas megfigyelését követően megállapítják annak valószínűségi törvényeit, és egy teljesen véletlen részre, ami elvileg semmiféle jóslatnak nem vethető alá.

— A jóslási elmélet alapvető feladata az okságí, determinált részek maximális növelése, és a valószínűségi jóslat állandó pontosítása — mondják az ukrán tudósok.

A különböző országokban a prognózisok felállításának több mint 200 módszerét dolgozták ki. Mindegyik sokrétű: empirikus kutatások, formális koncepciók, modellek, elemek, tendenciák, módszerek, extrapolációk, paraméterek, analógiák, kidolgozások, rendezések, formulák, integrálások stb. négy osztályra oszthatók:

Az első az intuitív módszerek. Segítségükkel találják meg a prognózisok felállításához a kiindulópontokat.

A második a kutató jellegű módszerek. A tudományos-technikai ismeretek átadási irányának modellezését teszik lehetővé.

A harmadik a normatív módszerek. Nemcsak azt határozzák meg, hogyan érthető el a cél, de azt is, miben áll a célok lényege.

A negyedik a visszacsatolási módok osztálya. Lehetőséget nyújt a jóslatváltozatok és a valóságos jövő közötti kapcsolat megállapítására. Sok siker sorolható fel a prognózisfelállítás, a jövendölés, az előrelátás útján. Itt vannak a mindenki számára ismert időjárási, árvízi s viharjelző prognózisok is.

Kevésbé ismertek a nagy területekre kiterjedő járványok és halak ívásának távlati időre való prognózisának kialakításai. A reaktorban levő neutronok mozgásjellegének vagy egy bonyolult kémiai folyamat lehetséges lefolyásának az előrelátása.

Ma divatossá is és szokásossá is vált arra a kérdésre válaszolni, hogy milyen lesz a jövő század? Prognózissal senkit sem ejthetünk ámulatba, hiszen egymás után jelennek meg könyvek az emberiség és a civilizáció sorsjóslataival. Mint kötelező formát fogják fel a jövő házainak és városainak külsejét, a holnap közlekedését, sőt még a *Kozmikus holnap* elnevezésű női nadrágkosztüm-modellt is.

Nem kell azonban azt gondolni, hogy a programfelállítás különböző formái, a matematikai módszerek és a kibernetika szokatlan könnyedséggel teszik lehetővé, mint egy mágikus kristályon keresztül a jövőbe látást. Nincs még a kezünkben a varázsló Miroku, a japán jósistenség. Igen, az előrelátás még a kibernetika és a matematika segítségével is nehéz dolog. Azt kitalálni azonban, miként változik meg az emberélet a fejlődés eredményeképpen, még kockázatosabb feladat. Az effajta kísérlet elől azonban nehéz az embernek kitérnie.

A tudósok szerint vitathatatlan, hogy 100 ezer év óta létezünk, az is lehetséges, hogy még több ideje. Legkevesebb 200 évezred van még hátra a Földön az életből. Nem kezdünk a 200. évezred felé integetni, szerényen igyekszünk jósolni, csak a 2000. évig.

Napjainkban a világon naponta körülbelül 275 ezer ember születik, s 130 ezer hal meg; 3 másodperc alatt 5 emberrel nő a Föld lakossága, egy perc alatt 100-zal. Egy óra alatt 6000-rel, egy nap alatt majdnem 145 ezerrel. Egy évben 55 millió emberrel.

Több évvel ezelőtt ismert demográfusok perspektivikus számítást végeztek a 2000. év lakosságával kapcsolatban. Az effajta feladatokat *a holnap ugyanaz lesz, mint a ma* elvén oldják meg, a *változtatások nélkül* szabálya szerint. A demográfusok vették a világ népességi adatait, és számítógépekkel kiszámították azokat, meghatározva a születések és halálozások 1000 lakosra eső átlagszámát és a napi növekedési százalékot.

Sajnos, ennek az eljárásnak van egy hiányossága: minél nagyobb az időköz a jóslás pillanata, a ma és a jövő beköszöntése között, annál kisebb a jóslat pontossága.

Ezért ha hosszabb időre kell jósolni, nemcsak a dolgok mai állapotát veszik számításba, hanem az állapotváltozás gyakoriságát is. A világ lakossága már 1960-ban 2986 millió emberből állt, 1967 közepére 3 milliárd 420 milliót tett ki. Előre kiszámították, hogy ez 1980-ban meghaladja majd a 4 milliárdot, 2000-ben pedig eléri a 7 milliárdot!

Nem mutattunk itt rá a számítások minden részletére és minden árnyalatára. Az 1950-es esztendőt alapul fogadva el, a

demográfusok a lakosság dinamikájának nem egy, hanem 3 lehetséges variánsát számították ki. Számításba vették a legnagyobb, az átlagos és a legalacsonyabb lakosságnövekedési százalékot.

Így áll a helyzet a 2000. évvel. Távolabbi időre szóló jóslat esetén azonban, amikor a folyamat lezajlásának feltételei lényegesen el fognak térni a maitól, az összefüggések bonyolítása válik szükségessé. Ezért nem képesek a demográfusok távlati időre egyszerűen meghosszabbítani a növekedési grafikongörbét. Ha azt kérdeznék, mi lesz a helyzet a népességet illetően a 200 000. évben, akkor nekem csupán emlékeztetnem kell arra, hogy bármiféle előrelátásnak, még ha tudományos elveken alapul is, megvannak a korlátai.

A Föld lakossága gyorsan növekszik. 1961-től 2000-ig nagyjából meghaladja a 100%-ot. A tudósok már ma elgondolkoznak azon, mekkorák a természeti erőforrások, amelyekkel az emberiség rendelkezik ahhoz, hogy annyi embert eltarthasson.

Otto Rhüle író *Hatmilliárd ember kenyere* című könyvében alaposan feltárta e távlati problémát, hogyan tápláljuk az emberiséget a harmadik évezred küszöbén. Egy részlet: *Rhüle*-t az a kérdés nyugtalanítja, hogyan lehet ellátni 2000-ben 6 milliárd embert. A könyv 1965 előtt íródott. Azonban már 1966-ban egy meggyőző prognózis rámutat arra, hogy 2000-ben a Föld lakossága 7 milliárd ember lesz. Kenyéren kívül háromszorta több tejre, húsra, tojásra és halra lesz szükségünk, mint ami ma elő állítható.

Kissé eltértünk a tárgytól, de e kitérő hasznos volt. Érezhették, hogy mennyire fontos az összes biológiai tartalék feltárása, hogy megismerjük, tudnak-e majd táplálkozni az emberek, azonban azt is megláthatták, mennyire szükséges a prognózisfelállítás a változások vizsgálatában. Hogy úgy folyik-e le a népességnövekedés, ahogy a kibernetika segítségével a demográfusok megjósolták, azt azok ellenőrzik majd, akik megérik a 2000. évet. Magam beérem azzal a csalóka reménnyel, hogy a gép alkotta nőidivat-prognózisokat még ellenőrizhetem.

HIBAJEGYZÉK

Viktor Pekelisz: A kibernetika érdekes kérdései c. könyvhöz

Oldal	Sor a = alulról f = felülről	Hibás szöveg	Helyes szöveg
6	f 19	epektronikus	elektronikus
9	f 2	szülcisse	születése
10	f 5	*Bachelier*	*Bachleler* Kiadónál
12	f 18	előadá után	előadás után
21	f 5	as	az
45	a 8	zsámitógép	számitógép
46	f 1—2	egjesitették	egyesitették
58	f 5	agyik	egyik
64	f 2	szamitógép	számitógép
72	a 14	programorás	programozás
87	f 3—4	számolóc-soda	számolócsoda
88	f 4	agyik	egyik
117	f 4	jrta	irta
123	f 4	Дs	És
140	a 8	90	99
141	f 3	szivkarát	szivkamrát
142	a 8	Megjegyz és: ocz	Megjegyzés: az
142	a 4	Leniu-díjas	Lenin-díjas
162	f 15	talaj biológiaszakának	talajbiológia szakának
184	f 2	világpor	virágpor
197	a 8	úgunevezett	úgynevezett
209	f 14	találtkoztunk	találkoztunk
230	a 12	kézdőnek	kezdőnek
235	a 15	rend szerben	rendszerben
248	a 5	hallatéra	hallatára
253	a 14	Ezenkivl	Ezenkivül
255	a 15	társadálom	társadalom
260	f 5	népcé-	népes-
264	a 4	hépességnövekedés	népességnövekedés.

4861/10. Franklin